



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RG141536

ANALISIS GELEMBUNG EMISI GAS DASAR LAUT MENGGUNAKAN DATA KOLOM AIR DARI MULTIBEAM ECHOSOUNDER

ANWAR GHAZALI
NRP 3513 100 084

Dosen Pembimbing
Danar Guruh Pratomo, ST, MT, Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

TUGAS AKHIR - RG141536

ANALISIS GELEMBUNG EMISI GAS DASAR LAUT MENGGUNAKAN DATA KOLOM AIR DARI MULTIBEAM ECHOSOUNDER

ANWAR GHAZALI
NRP 3513 100 084

Dosen Pembimbing
Danar Guruh Pratomo, ST, MT, Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL ASSIGNMENT - RG141536

ANALYSIS OF SEABED GAS EMISSIONS BUBBLES USING WATER COLUMN DATA FROM MULTIBEAM ECHOSOUNDER

**ANWAR GHAZALI
NRP 3513 100 084**

**Supervisor
Danar Guruh Pratomo, ST, MT, Ph.D**

**GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISIS GELEMBUNG EMISI GAS DASAR LAUT MENGUNAKAN DATA KOLOM AIR DARI MULTIBEAM ECHOSOUNDER

Nama : Anwar Ghazali
NRP : 3513100084
Departemen : Teknik Geomatika FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Danar Guruh Pratomo, ST, MT, Ph.D

Abstrak

Selama ini survei hidrografi menggunakan *multibeam echosounder* selalu terfokus pada pengambilan data kedalaman dasar laut atau data batimetri. Selain data batimetri, *multibeam echosounder* dapat mengakuisisi jenis data lain yang selanjutnya dapat dianalisis dan diteliti lebih dalam lagi, salah satu contohnya adalah data kolom air. Data kolom air mampu memvisualisasikan obyek yang ada pada kolom air yang sebelumnya tidak dapat terlihat jika hanya menggunakan data batimetri saja. Dengan menggunakan data kolom air, pemetaan kolom air untuk mengamati obyek yang terletak di antara permukaan perairan dan dasar perairan dapat dilakukan.

Pada penelitian ini, data batimetri dan data kolom air yang berasal dari *multibeam echosounder* akan digabungkan untuk mencari dan menganalisis gelembung emisi gas dasar laut. Pendeteksian gelembung emisi gas dasar laut ini dilakukan dengan menentukan ambang batas (*threshold*) intensitas pantulan gelombang akustik yang dipancarkan *multibeam echosounder*. Setiap obyek yang terdapat di kolom air memiliki nilai intensitas pantulan gelombang akustik yang berbeda. Dengan menentukan ambang batas intensitas gelombang akustik, obyek yang terdapat di kolom air dapat dibedakan dan diidentifikasi. Setelah gelembung emisi gas dasar laut atau obyek lain ditemukan, data

kolom air tersebut divisualisasikan dalam bentuk gambar sehingga lebih mudah diamati.

Hasil dari penelitian ini memperlihatkan bahwa data kolom air yang diambil menggunakan *multibeam echosounder* dapat digunakan untuk mengidentifikasi obyek yang terdapat pada kolom air. Pada penelitian ini ditemukan 82 titik sumber gelembung emisi gas dasar laut yang tersebar di wilayah perairan Kepulauan Mentawai, Indonesia.

Kata kunci : multibeam echosounder, data kolom air, pemetaan kolom air, gelembung emisi gas dasar laut.

ANALYSIS OF SEABED GAS EMISSIONS BUBBLES USING WATER COLUMN DATA FROM MULTIBEAM ECHOSOUNDER

Name : Anwar Ghazali
NRP : 3513100084
Department : Teknik Geomatika FTSP-ITS
Supervisor : Danar Guruh Pratomo, ST, MT, Ph.D

Abstract

Hydrographic survey using multibeam echosounder always focused on taking bathymetry data or the depth of the seabed. In addition to bathymetry data, multibeam echosounder can also acquire other types of data which can be further analyzed and researched, one example is the water column data. Water column data is able to visualize existing object in water column which can not be visualize using only bathymetry data. Using the water column data, we can mapping the water column to observe the object that located between the surface of the waters and the bottom of the water.

In this study, bathymetry data and water column data derived from multibeam echosounder will be combined to search for and analyze seabed gas emission bubbles. Detection of seabed gas emission bubbles is done by determining the intensity threshold of acoustic wave reflection. Each object located in the water column has a different wave intensity reflection value, by determining the wave intensity threshold we can distinguish the objects located in the water column. Furthermore, after seabed gas emission bubble or other objects are found, the water column data is visualized in the form of images to be more easily observed.

The results of this study show that the water column data acquired using multibeam echosounder can be used to identify the objects located in the water column. After the water column data were analyzed, 82 sources of seabed gas emission bubbles were found on the seabed around the Mentawai Islands, Indonesia.

Keywords : multibeam echosounder, water column data, water column mapping, seabed gas emission bubbles.

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS GELEMBUNG EMISI GAS DASAR LAUT MENGUNAKAN DATA KOLOM AIR DARI MULTIBEAM ECHOSOUNDER

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

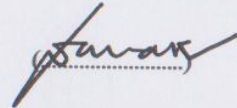
Program Studi S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ANWAR GHAZALI
NRP. 3513100084

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Danar Guruh Pratomo, ST, MT, Ph.D



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang atas rahmat-Nya sehingga Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Gelembung Emisi Gas Dasar Laut Menggunakan Data Kolom Air dari Multibeam Echosounder” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Selama pelaksanaan penelitian, banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dorongan baik secara moral maupun material yang diterima penulis. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak M. Nur Cahyadi, S.T., M.Sc, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Geomatika ITS.
2. Bapak Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing.
3. Orang tua dan keluarga besar atas doa dan dukungannya.
4. Teman-teman Tugas Akhir Bidang Keahlian Geomarin yang selalu menemani dan memberi dukungan serta saran kepada penulis.
5. Semua mahasiswa Teknik Geomatika ITS angkatan 2013, 2014, 2015 yang selalu mendukung dan memberi semangat kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan di dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Karenanya, penulis mengharapakan saran dan kritik yang membangun sebagai pembelajaran bagi penulis untuk lebih baik kedepannya. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat.

Surabaya, 20 Juni 2017

Anwar Ghazali

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	iii
ABSTRAK.....	vii
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Permasalahan.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kolom Air	5
2.2 Pemetaan Kolom Air	5
2.3 Gelembung Emisi Gas Dasar Laut.....	7
2.4 <i>Multibeam Echosounder</i>	8
2.5 Pendeteksian Gelembung.....	11
2.6 DTM (<i>Digital Terrain Model</i>).....	19
2.7 Penelitian Terdahulu	20
BAB III METODOLOGI	23
3.1 Lokasi Penelitian.....	23
3.2 Data dan Peralatan	23
3.3 Metodologi Penelitian	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Data dan Hasil Penelitian.....	31

4.2 Pembahasan.....	36
BAB V PENUTUP	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN	55
BIOGRAFI PENULIS	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kolom Air.....	5
Gambar 2. 2 Pemetaan kolom air	6
Gambar 2. 3 Citra kolom air menampilkan gelembung gas	7
Gambar 2. 4 <i>Swath</i> pada multibeam echosounder	9
Gambar 2. 5 Penentuan area berdasarkan <i>beam</i>	13
Gambar 2. 6 Penentuan area berdasarkan <i>sample</i>	13
Gambar 2. 7 Penentuan area berdasarkan <i>swath</i>	13
Gambar 2. 8 Penentuan area berdasarkan sektor	14
Gambar 2. 9 Terdeteksinya gelembung gas dalam gambar kolom air dengan nilai <i>threshold</i> sebesar 0dB	15
Gambar 2. 10 Obyek yang merupakan <i>noise</i> dan tidak memiliki LIM	16
Gambar 2. 11 Obyek yang memiliki LIM	17
Gambar 2. 12 LIM yang sesuai dengan <i>beam pattern</i> pada <i>Angle Series Plot</i>	18
Gambar 2. 13 LIM yang tidak sesuai dengan <i>beam pattern</i> pada <i>Angle Series Plot</i>	18
Gambar 2. 14 LIM yang sesuai dengan <i>beam pattern</i> pada <i>Swath Series Plot</i>	18
Gambar 2. 15 LIM yang tidak sesuai dengan <i>beam pattern</i> pada <i>Swath Series Plot</i>	18
Gambar 2. 16 DTM yang didapatkan melalui pengukuran batimetri	19
Gambar 2. 17 Pemetaan gelembung gas di Teluk Meksiko.....	20
Gambar 2. 18 Visualisasi gelembung gas menggunakan <i>multibeam echosounder</i>	21
Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian	23

Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahap Pelaksanaan.....	24
Gambar 3. 3 Diagram Alir Pengolahan Data.....	27
Gambar 4. 1 Visualisasi Data Kolom Air.....	32
Gambar 4. 2 Data yang belum (atas) dan sudah (bawah) dibersihkan dari <i>noise</i> dan <i>spike</i> (tampilan dalam <i>swath view</i>)	33
Gambar 4. 3 DTM yang telah bersih dan di ekspor dalam format GeoTIFF	33
Gambar 4. 4 Peta Persebaran Sumber Gelembung Emisi Gas Dasar Laut	34
Gambar 4. 5 Data batimetri (.all) dan data kolom air (.wcd) yang sudah diekstrak dan digabungkan dalam satu <i>folder</i>	37
Gambar 4. 6 <i>Folder merged</i> , <i>ss</i> , dan <i>decnv</i> hasil dari proses <i>unravel</i>	38
Gambar 4. 7 Isi dari <i>folder merged</i> hasil ekstraksi data batimetri dan kolom air	39
Gambar 4. 8 Isi dari <i>folder ss</i> hasil ekstraksi data batimetri dan kolom air	39
Gambar 4. 9 Isi dari <i>folder ss</i> hasil ekstraksi data batimetri dan kolom air	40
Gambar 4. 10 Perintah untuk membuka data batimetri dan data kolom air pada terminal Ubuntu.....	40
Gambar 4. 11 Jendela kerja <i>Swathed</i> yang berfungsi untuk melakukan pembersihan data dari <i>spike</i> dan <i>noise</i>	41
Gambar 4. 12 Toolbar <i>Swathed</i>	41
Gambar 4. 13 <i>Water Column Analysis Toolkit</i>	42

Gambar 4. 14 <i>Time Series Plot</i> (atas), <i>Swath Series Plot</i> (tengah), dan <i>Angle Series Plot Across Swath</i> (bawah).....	43
Gambar 4. 15 Arah plot <i>Time Series Plot</i> (kiri), <i>Angle Series Plot Across Swath</i> (tengah), dan <i>Swath Series Plot</i> (kanan).....	43
Gambar 4. 16 Tampilan <i>Across Track View</i> (atas) dan <i>Along Track View</i> (bawah).....	44
Gambar 4. 17 Gelembung gas yang terdeteksi pada tampilan <i>Across Track View</i>	45
Gambar 4. 18 Grafik intensitas pantulan gelombang akustik pada gelembung gas yang terdeteksi.....	46
Gambar 4. 19 Peta persebaran sumber gelembung emisi gas dasar laut di perairan Kepulauan Mentawai.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Tabel Informasi Sumber Gelembung Emisi Gas	
Dasar Laut	35
Tabel 4.2 Tabel Persebaran Sumber Gelembung Gas.....	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemetaan kolom air adalah sebuah metode penginderaan jauh menggunakan gelombang akustik yang digunakan untuk mengamati aspek lingkungan laut yang berada diantara permukaan laut dan dasar laut. Contoh aspek lingkungan laut yang dapat diamati seperti gelembung gas, biota laut, dan proses yang terjadi di dalam laut (*Center for Coastal and Ocean Mapping Joint Hydrographic Center* 2016). Alat yang digunakan untuk melakukan pemetaan kolom air adalah *multibeam echosounder*.

Alat *multibeam echosounder* pada umumnya digunakan untuk memetakan permukaan dasar laut. Akan tetapi, *multibeam echosounder* juga dapat digunakan untuk memetakan obyek yang berada di kolom air. Melakukan pemetaan kolom air dapat meningkatkan pengetahuan mengenai lingkungan laut, termasuk distribusi sumber daya alam gas bumi yang ada di laut dan kehidupan makhluk hidup yang berhubungan dengan gelembung emisi gas di dasar laut.

Adanya gelembung emisi gas yang muncul dari dasar laut biasanya menandakan adanya sumber cadangan minyak dan gas bumi. Gelembung emisi gas yang biasanya ada pada daerah sumber minyak dan gas bumi ini biasanya keluar dari dasar perairan kemudian menghilang di kolom air atau naik sampai ke permukaan laut dan masuk ke atmosfer. Gelembung emisi gas yang keluar dari dasar laut ini merupakan target survei akustik yang dapat diamati karena gelembung emisi gas akan merespon gelombang akustik yang dipancarkan oleh *multibeam echosounder* (Weber et al. 2012).

Gelembung emisi gas yang ada di kolom air akan merespon gelombang akustik dari *multibeam echosounder* karena gelembung ini memiliki impedansi akustik yang berbeda dengan

air yang mengelilinginya. Gelombang akustik yang merambat di air akan memantulkan kembali atau meneruskan sinyalnya ketika mengenai obyek yang memiliki impedansi akustik yang berbeda dengan medium yang sebelumnya, oleh karena itu *multibeam echosounder* dapat digunakan untuk mengamati dan memetakan gelembung emisi gas yang terdapat di kolom air (Sheriff & Geldart 1995).

Secara garis besar, gelembung emisi gas yang muncul dari dasar laut merupakan hasil dari perpindahan gas secara vertikal yang berasal dari bawah permukaan bumi seperti akumulasi hidrokarbon atau reservoir. Karena alasan ini, adanya gelembung emisi gas merupakan penyebab adanya eksplorasi minyak atau gas bumi secara global. Banyak ladang minyak dan gas bumi di Amerika Utara, Eropa, Asia, dan Karibia ditemukan setelah terlihatnya gelembung emisi gas ini (Etiopie 2015).

Mendeteksi keberadaan emisi gas dan memetakan lokasinya merupakan langkah penting dalam memahami proses geologi dan biologi yang terjadi di dasar laut dan kolom air. Selain itu adanya gelembung emisi gas merupakan tanda adanya sumber minyak atau gas bumi yang nantinya dapat di eksplorasi dan di eksploitasi untuk dimanfaatkan oleh orang banyak.

Pada penelitian ini, data kolom air dari *multibeam echosounder* akan diekstrak dan disajikan dalam bentuk citra kolom air untuk memperlihatkan gelembung emisi gas yang ada di kolom air sehingga dapat diketahui lokasi titik sumber gelembung emisi gas di dasar laut.

1.2 Rumusan Permasalahan

Adapun masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana mengekstrak dan menyajikan data kolom air untuk mengamati gelembung emisi gas dasar laut.
- b. Bagaimana cara menginterpretasi dan menganalisis citra kolom air untuk mengamati gelembung emisi gas dasar laut.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Fitur kolom air yang diamati adalah gelembung gas yang berasal dari dasar perairan.
- b. Dalam mengamati gelembung emisi gas yang ada pada kolom air hanya digunakan data kolom air dari *multibeam echosounder*, serta data batimetri dari *multibeam echosounder* yang sama sebagai data pendukung.
- c. Penelitian ini tidak mengamati kandungan gas yang ada pada gelembung gas emisi dasar laut.
- d. Fokus dari penelitian ini adalah untuk menemukan gelembung emisi gas dasar laut dan mendapatkan informasi spasial dari sumber gelembung emisi gas dasar laut di wilayah penelitian.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Melakukan ekstraksi data kolom air yang berasal dari *multibeam echosounder* untuk mengamati gelembung emisi gas dasar laut.
- b. Menyajikan data kolom air yang berasal dari *multibeam echosounder* dalam bentuk citra kolom air.
- c. Menginterpretasi dan menganalisis data kolom air untuk mendapatkan informasi spasial dari sumber gelembung emisi gas yang ada di dasar laut.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Mengetahui proses ekstraksi, visualisasi, dan interpretasi data kolom air yang berasal dari *multibeam echosounder*.

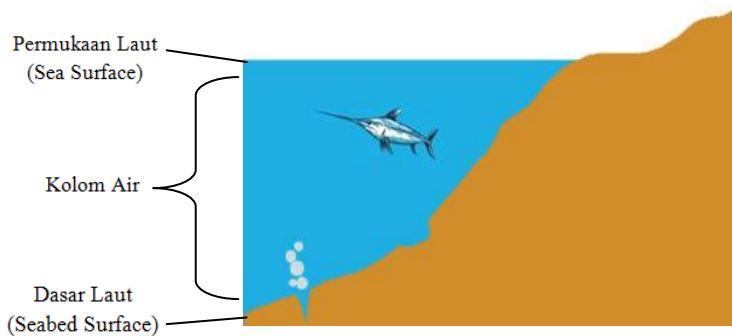
- b. Mengetahui proses analisis data kolom air untuk mendapatkan informasi spasial mengenai gelembung emisi gas dasar laut.
- c. Mengetahui informasi spasial dari sumber gelembung gas di dasar laut.
- d. Mengetahui adanya sumber gelembung emisi gas dasar laut yang menandakan adanya sumber minyak atau gas bumi di wilayah perairan tersebut.
- e. Dengan ditemukannya posisi sumber gelembung emisi gas dasar laut dapat mempersempit area eksplorasi minyak dan gas bumi di wilayah perairan tersebut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kolom Air

Kolom air (*water column*) adalah daerah yang berada di antara permukaan perairan, seperti laut, danau, dan sungai, hingga kedasar perairan tersebut. Kolom air biasanya diamati untuk penelitian lingkungan. Beberapa parameter yang biasa diamati di kolom air adalah pH, temperatur air, tingkat salinitas air, turbiditas, dan biota laut seperti ikan dan plankton (Munson et al. 2004).



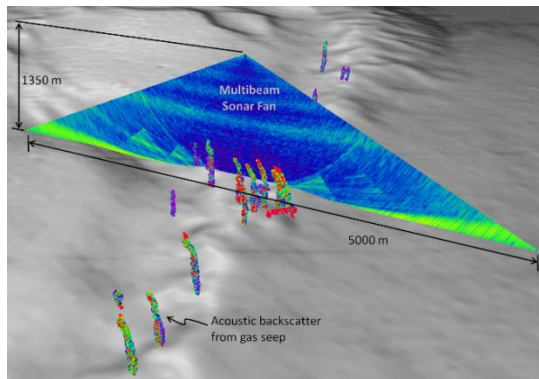
Gambar 2. 1 Kolom Air

Adanya konsep mengenai kolom air ini sangat penting karena banyak fenomena perairan yang terjadi di kolom air ini. Contoh dari fenomena yang terjadi di kolom air ini antara lain arus laut, pergerakan ikan, pergerakan plankton, keluarnya gelembung emisi gas, dan lain-lain (Munson et al. 2004).

2.2 Pemetaan Kolom Air

Pemetaan kolom air adalah bentuk pemetaan dengan metode penginderaan jarak jauh yang memanfaatkan

gelombang akustik untuk mendeteksi dan mengeksplorasi fitur kolom air yang berada di antara permukaan perairan dan dasar perairan. Contoh dari fitur kolom air ini antara lain seperti ikan, gelembung emisi gas, dan berbagai macam proses yang terjadi di laut. Metode pemetaan kolom air yang biasanya menggunakan *multibeam echosounder* ini dapat diaplikasikan dalam banyak kegiatan seperti mendeteksi sumber gas dan minyak bumi di dasar laut, penentuan kedalaman bangkai kapal di dasar laut, mendeteksi kebocoran pipa gas di dasar laut, dan lain-lain (*Center for Coastal and Ocean Mapping Joint Hydrographic Center* 2016).



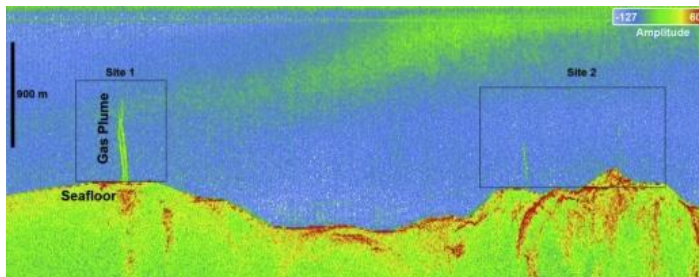
Gambar 2. 2 Pemetaan kolom air (National Oceanic and Atmospheric Administration 2011)

Ketika gelombang akustik berinteraksi dengan salah satu objek yang terdapat di kolom air, seperti ikan atau gelembung gas, nilai dari gelombang akustik tersebut berubah dan dipantulkan kembali sehingga objek tersebut dapat diteliti dan diamati. Dengan mengamati karakteristik dari pantulan balik sinyal akustik dari *multibeam echosounder*, seperti seberapa kuat pantulannya, nilai frekuensi dari pantulannya, dan lokasi asal pantulan sinyal akustik tersebut, detail dari objek yang menyebabkan terpantulnya kembali sinyal akustik tersebut

dapat diketahui. Dari data pantulan sinyal akustik ini dapat diketahui informasi mengenai luasan, volume, area, dan bentuk dari fitur kolom air yang terdeteksi (*Center for Coastal and Ocean Mapping Joint Hydrographic Center* 2016).

2.3 Gelembung Emisi Gas Dasar Laut

Emisi gas bumi adalah aliran gas hidrokarbon, baik yang mengalir secara teratur atau periodik, lambat atau cepat, dan terlihat ataupun yang tidak terlihat, yang berasal dari bawah permukaan bumi. Komposisi dari emisi gas bumi ini sebagian besar adalah metana (CH_4), etana (C_2H_6), propana (C_3H_8), dan butana (C_4H_{10}). Selain gas bumi, terdapat juga jenis gas lain seperti CO_2 , N_2 , He, dan H_2S . Jenis-jenis emisi gas ini yang dapat menyebabkan gelembung emisi gas dasar laut (Etiope 2015).



Gambar 2. 3 Citra kolom air menampilkan gelembung gas (QPS 2013)

Emisi gas yang keluar dari bumi menandakan adanya pergerakan gas dengan jarak yang cukup jauh hingga mencapai beberapa kilometer. Pergerakan ini dapat disebabkan oleh dua sebab, yaitu difusi, dimana gas berpindah berdasarkan konsentrasinya, dan *advection*, dimana pergerakan didasari oleh tekanan. Pada dasarnya pergerakan gas mengikuti jalur yang memiliki sedikit hambatan, seperti retakan dan patahan, sehingga dengan demikian adanya

rembesan gas menandakan adanya patahan atau retakan pada bumi (Etiope 2015).

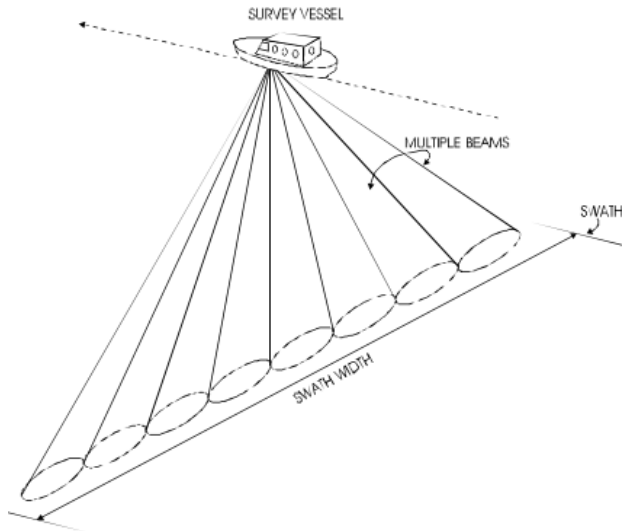
Secara garis besar, rembesan gas merupakan hasil dari perpindahan gas secara vertikal yang berasal dari bawah permukaan bumi seperti akumulasi hidrokarbon atau reservoir. Karena alasan ini, adanya emisi gas merupakan penyebab adanya eksplorasi minyak atau gas bumi secara global. Banyak ladang minyak dan gas bumi di Amerika Utara, Eropa, Asia, dan Karibia ditemukan setelah terlihatnya rembesan emisi gas ini. Adanya hubungan antara rembesan emisi gas dan hidrokarbon reservoir sudah diverifikasi oleh beberapa bukti, termasuk analisis *geochemical* dan analisis seismik (Etiope 2015).

Emisi gas adalah manifestasi cairan yang hanya mengeluarkan bentuk gasnya saja. Emisi gas juga dapat disebut “*dry seeps*”. Gas dapat keluar melalui retakan batu, melalui retakan di tanah, atau melalui dasar laut, sungai, atau danau. Emisi gas juga dapat ditandai ada bau yang sangat kuat, tidak adanya vegetasi disekitar sumber emisi gas, tanah basah yang mengeluarkan gelembung, pola es yang mencair secara tidak normal, dan memungkinkan adanya anomali suhu di tanah sekitar sumber emisi gas (Etiope 2015).

2.4 Multibeam Echosounder

Multibeam echosounder adalah sebuah instrumen yang mampu memetakan lebih dari satu titik lokasi permukaan dasar laut dengan satu kali pancaran sinyal dan menghasilkan resolusi yang lebih baik dari *echosounder* konvensional. Secara garis besar, pekerjaan yang biasa dilakukan menggunakan *singlebeam echosounder* dapat dilakukan di beberapa permukaan dasar laut yang berbeda pada saat yang bersamaan. Lokasi pemancar sinyal disusun sedemikian rupa sehingga *multibeam echosounder* dapat memetakan area yang saling berdekatan, biasanya pancaran sinyal *multibeam echosounder* tegak lurus dengan jalur survei dan badan kapal.

Area yang tegak lurus dengan jalur survei ini disebut *swath*. Dimensi dari *swath* yang melintang tegak lurus dengan badan kapal disebut dengan *swath width*, biasanya dimensi ini diukur dalam satuan derajat atau ukuran fisik yang biasanya berubah terhadap kedalaman (L-3 Communication SeaBeam Instrument 2000).



Gambar 2. 4 *Swath* pada *multibeam echosounder* (L-3 Communication SeaBeam Instrument 2000)

Karena sistem *multibeam echosounder* yang lebih kompleks, biaya survei menggunakan *multibeam echosounder* jauh lebih mahal dari pada menggunakan *singlebeam echosounder*. Akan tetapi, biaya survei secara keseluruhan bisa menjadi lebih murah karena *multibeam echosounder* lebih efektif dalam pengambilan data. Penggunaan *multibeam echosounder* biasa digunakan di laut lepas dimana biaya operasional kapal jauh lebih besar (L-3 Communication SeaBeam Instrument 2000).

2.4.1. Sistem Multibeam Echosounder

Sistem pada *multibeam echosounder* terdiri dari :

- a. Prosesor Data Akustik
Prosesor data akustik merupakan tempat dimana data yang sudah diakuisisi saat itu diproses dan kemudian dapat dilihat melalui sebuah monitor.
- b. Panel Kontrol
Panel kontrol berfungsi untuk melihat pengaturan dan mengatur alat *multibeam echosounder*. Pada panel ini operator juga dapat melihat pembacaan dan status *multibeam echosounder*.
- c. Transduser
Transduser merupakan alat yang memancarkan sinyal akustik untuk mendeteksi permukaan dasar laut pada *multibeam echosounder*.
- d. *Sound Velocity Probe* (SVP)
SVP digunakan untuk mengukur kecepatan suara yang terdapat di dalam air area survei. Dengan mengetahui kecepatan suara di daerah tersebut data kedalaman yang dihasilkan akan lebih akurat.

2.4.2. Aplikasi Multibeam Echosounder

Multibeam echosounder diaplikasikan dalam berbagai kegiatan survei hidrografi dengan tujuan yang berbeda-beda, antara lain sebagai berikut :

- a. Pengerukan di daerah lepas pantai.
- b. Survei pemasangan pipa dan kabel bawah laut.
- c. Pemetaan dasar laut.
- d. Pendeteksian kapal karam atau obyek buatan manusia di dasar laut.
- e. Survei untuk pembangunan infrastruktur di laut, dll.

Perkembangan teknologi di bidang hidrografi selalu terfokus pada pendeteksian permukaan dasar laut dan bagaimana meningkatkan akurasi dari pengukuran

kedalaman dasar laut. Penentuan kedalaman dasar laut memang merupakan bagian terpenting dari survei hidrografi, akan tetapi *multibeam echosounder* saat ini, selain dapat melakukan pengukuran batimetri juga dapat digunakan untuk memvisualisasi obyek yang terdapat di kolom air. Visualisasi kolom air biasanya digunakan dalam industri perikanan, akan tetapi saat ini visualisasi kolom air juga digunakan untuk mendeteksi gelembung gas, bangkai kapal, dan lain-lain (Rubrio Marques & Hughes Clarke 2012).

2.5 Pendeteksian Gelembung

Efek negatif dari adanya gelembung saat survei menggunakan *echosounder* seperti adanya obyek gelembung yang tertangkap saat melakukan survei batimetri sudah biasa ditemukan. Dalam beberapa kasus gelembung terbawa hingga ke permukaan perairan melewati arus dan gelombang atau gelembung tercipta akibat dari pergerakan kapal sendiri. Jika dalam jumlah tertentu gelembung tersebut tanpa sengaja terdeteksi oleh transduser, transmisi dari gelombang akustik menjadi terhalang dan mengakibatkan gagalnya sistem sonar *echosounder* dalam merekam data batimetri. Akan tetapi, pada kedalaman 10m sampai 20m dibawah permukaan air efek seperti ini dapat dihilangkan (Schneider von Deimling et al. 2007).

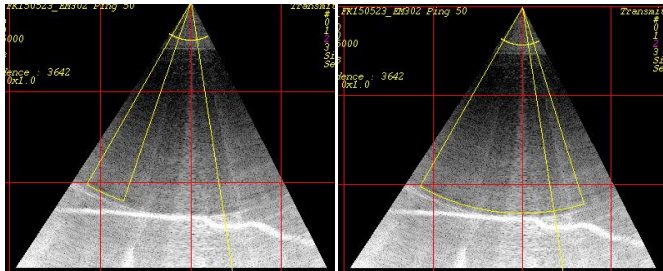
Kondisinya akan berbeda ketika gelembung tersebut berasal dari permukaan dasar perairan. Dalam beberapa kasus, gelembung tersebut tidak akan mencapai transduser dan transmisi gelombang akustik kedalam air tidak akan terganggu. Akan tetapi, gelembung merupakan reflektor gelombang akustik yang baik, gelembung-gelembung yang berasal dari dasar perairan bisa disalah artikan sebagai bagian dari dasar perairan, tergantung dari kondisi dasar perairan dan sistem *echosounder* yang digunakan (Schneider von Deimling et al. 2007).

Kuatnya pantulan gelombang akustik terhadap gelembung disebabkan besarnya perbedaan nilai impedansi antara air dan gelembung emisi gas tersebut. Jika gelembung cukup besar (radius gelembung lebih besar dari panjang gelombang akustik), maka energi dari gelombang akustik tersebut dapat dipantulkan kembali. Ini yang menyebabkan gelembung emisi gas yang berasal dari dasar perairan dapat dideteksi menggunakan *multibeam echosounder*.

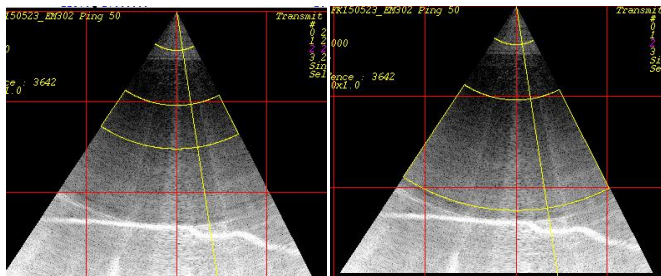
Untuk mengetahui posisi gelembung gas di kolom air, hal pertama yang harus dilakukan adalah mendeteksi gelembung tersebut. Hal yang perlu diperhatikan dalam mendeteksi gelembung ini adalah karakteristik pantulan gelombang akustik gelembung tersebut. Jika gelembung yang ingin dideteksi cukup besar maka akan mudah. Akan tetapi jika gelembung tersebut berukuran kecil, maka akan sulit untuk mendeteksinya. Terdapat beberapa langkah dalam melakukan pendeteksian gelembung pada penelitian ini, selain itu langkah ini juga tidak terbatas hanya untuk mendeteksi gelembung gas saja, obyek lain seperti ikan juga dapat dideteksi dengan langkah-langkah sebagai berikut.

2.5.1 Menentukan Area Pendeteksian

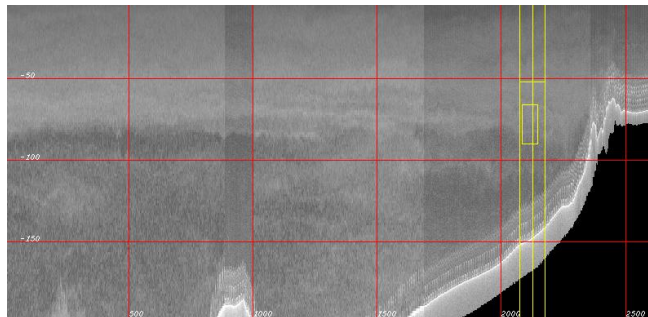
Sebelum mendeteksi obyek yang terdapat di kolom air, langkah pertama yang harus dilakukan adalah menentukan area pencarian. Penentuan area pencarian pada penelitian ini dilakukan berdasarkan *beam*, *sample*, *swath* dan sektor pada data kolom air. Jika area pencarian tidak ditentukan, maka akan dilakukan pencarian di semua bagian data kolom air.



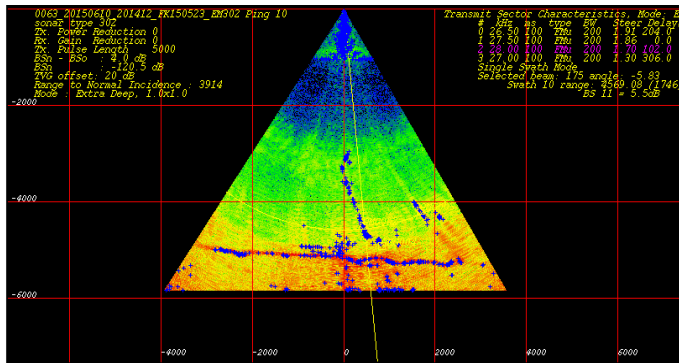
Gambar 2. 5 Penentuan area berdasarkan beam



Gambar 2. 6 Penentuan area berdasarkan sample



Gambar 2. 7 Penentuan area berdasarkan *swath*



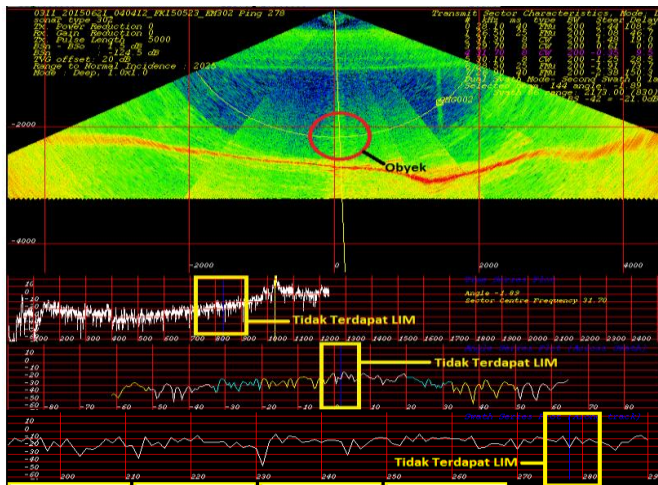
Gambar 2. 9 Terdeteksinya gelembung gas dalam gambar kolom air dengan nilai *threshold* sebesar 0dB

2.5.3 Mencari LIM

Setelah menentukan *threshold*, langkah selanjutnya adalah memisahkan obyek yang ada di kolom air dengan *noise* yang ada di kolom air (Rubrio Marques & Hughes Clarke 2012). Untuk mengetahui apakah obyek yang terlihat di gambar kolom air tersebut bukan merupakan sebuah *noise*, pencarian LIM (*Local Intensity Maxima*) perlu dilakukan.

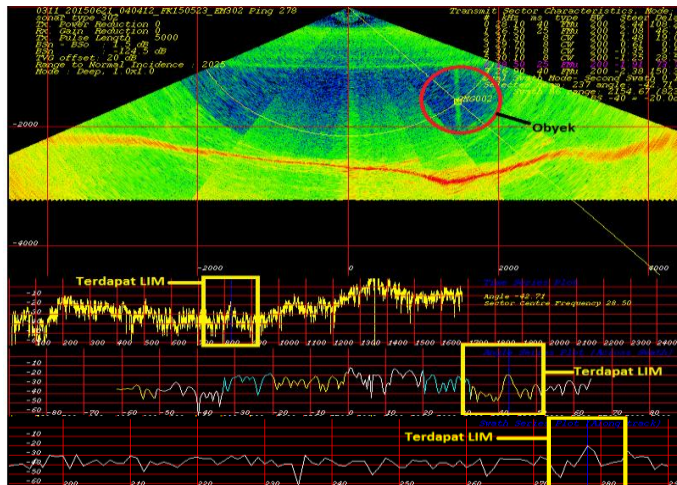
LIM adalah intensitas gelombang akustik yang memiliki nilai paling tinggi dalam sebuah daerah pencarian di dalam data kolom air (Rubrio Videira Marques 2012). Adanya LIM di data kolom air menandakan bahwa obyek tersebut bukan sebuah *noise* atau kesalahan acak dari pantulan gelombang akustik.

LIM dapat ditemukan dengan menganalisis nilai intensitas pantulan gelombang akustik suatu obyek di *Time Series Plot*, *Angle Series Plot Across Swath*, dan *Swath Series Plot*.



Gambar 2. 10 Obyek yang merupakan *noise* dan tidak memiliki LIM

Gambar 2.10 merupakan sebuah obyek dengan nilai intensitas pantulan gelombang suara sebesar -21dB . Pada obyek tersebut tidak ditemukan LIM. Hal ini bisa dilihat pada *Time Series Plot*, *Angle Series Plot Across Swath*, dan *Swath Series Plot* dari obyek tersebut. Ketiga plot tersebut tidak menunjukkan adanya perbedaan nilai intensitas pantulan gelombang akustik yang signifikan dengan obyek disekitarnya, sehingga obyek ini dianggap sebuah *noise*.



Gambar 2. 11 Obyek yang memiliki LIM

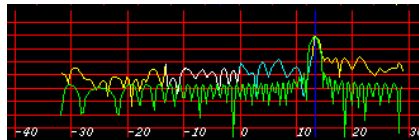
Gambar 2.11 diatas menunjukkan terdeteksinya obyek dengan nilai intensitas pantulan gelombang akustik sebesar -20dB. Pada obyek tersebut terdapat LIM yang dapat dilihat pada *Time Series Plot*, *Angle Series Plot Across Swath*, dan *Swath Series Plot*. LIM yang ada pada obyek tersebut ditandai dengan perubahan nilai intensitas pantulan gelombang akustik yang signifikan pada ketiga plot tersebut. Perubahan nilai intensitas pantulan gelombang akustik dapat dilihat dari adanya *spike* yang panjang dan tinggi pada ketiga plot tersebut.

2.5.4 Memeriksa Beam pattern

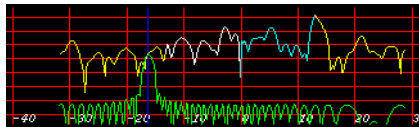
Setelah menemukan LIM, langkah selanjutnya adalah memeriksa *beam pattern*. *Beam pattern* adalah pola gelombang akustik yang diterima oleh *receiver* pada *multibeam echosounder*. Fungsi dari memeriksa *beam pattern* ini sama seperti pencarian LIM, yaitu untuk memastikan obyek yang terdeteksi bukan *noise*. Akan

tetapi, pemeriksaan *beam pattern* ini baru dapat dilakukan ketika LIM telah ditemukan.

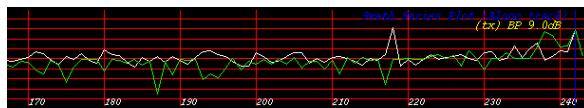
Pada langkah ini peneliti harus melihat kesesuaian LIM dengan *beam pattern* yang diharapkan. Apabila LIM dan *beam pattern* tidak sesuai, maka obyek tersebut bukan sebuah obyek dan bisa dianggap sebuah *noise*. Untuk memeriksa apakah LIM yang sudah ditemukan sesuai dengan *beam pattern* yang diharapkan, peneliti harus membandingkan LIM yang ditemukan dengan sebuah replika dari *beam pattern* yang dianggap sesuai didalam program *Swathed*.



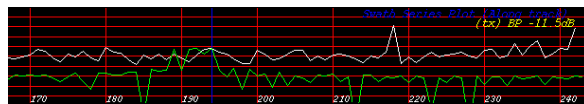
Gambar 2. 12 LIM yang sesuai dengan *beam pattern* pada Angle Series Plot



Gambar 2. 13 LIM yang tidak sesuai dengan *beam pattern* pada Angle Series Plot



Gambar 2. 14 LIM yang sesuai dengan *beam pattern* pada Swath Series Plot

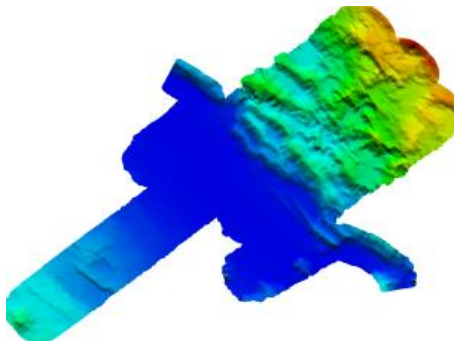


Gambar 2. 15 LIM yang tidak sesuai dengan *beam pattern* pada Swath Series Plot

Replika *beam pattern* yang dianggap efektif dan sesuai disejajarkan dengan LIM yang telah ditemukan sebelumnya. Jika *beam pattern* yang terdapat pada LIM memiliki selisih yang jauh dengan replika *beam pattern* yang dianggap efektif, maka obyek tersebut dapat dianggap sebuah *noise*.

2.6 DTM (*Digital Terrain Model*)

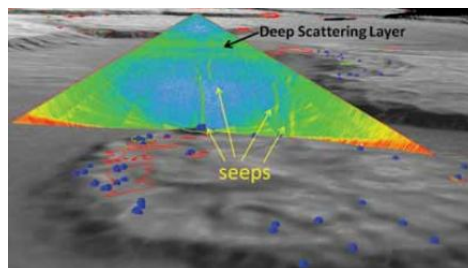
DTM adalah deskripsi digital permukaan tanah menggunakan data ketinggian yang direpresentasikan melalui poin dua dimensi (2D) pada suatu permukaan yang memiliki referensi. DTM mendekati sebagian atau keseluruhan permukaan tanah dengan serangkaian titik yang memiliki nilai ketinggian. Tinggi adalah perkiraan jarak vertikal antara titik permukaan tanah dan beberapa permukaan referensi seperti *mean sea level*, geoid, dan ellipsoid atau datum geodetik. Sebagian besar DTM diatur dalam bentuk *grid*, titik 2D yang memiliki koordinat. DTM merepresentasikan permukaan tanah yang kosong (Hirt 2015).



Gambar 2. 16 DTM yang didapatkan melalui pengukuran batimetri.

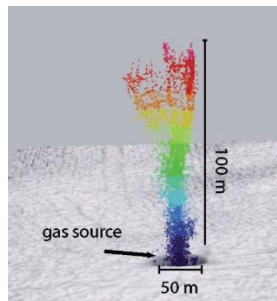
2.7 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian Weber dkk, 2012 yang berjudul “*Mapping Gas Seeps with the Deepwater Multibeam Echosounder on Okeanos Explorer*” menyatakan bahwa gelembung emisi gas didalam air merupakan target survei akustik yang baik dan dapat diamati karena dapat merespon gelombang akustik yang dipancarkan *multibeam echosounder* dengan baik. Mereka meneliti gelembung emisi gas yang berada di Teluk Mexico menggunakan *multibeam echosounder*. Dalam penelitiannya, Weber dkk mengamati ratusan gelembung emisi gas. Rata-rata gelembung emisi gas yang diamati terdapat di kedalaman lebih dari 500 m dibawah permukaan laut. Kebanyakan gelembung emisi gas yang mereka amati terdapat disekitar *salt domes* yang merupakan obyek yang biasa terdapat di Teluk Mexico. Beberapa kali gelembung emisi gas yang terdeteksi ternyata terdapat di “*hardground*”, permukaan dasar laut yang keras. Dengan menggabungkan data anomali seismik dan data kolom air, mereka dapat memberikan informasi mengenai area mana yang dulunya aktif mengeluarkan gelembung emisi gas dan sekarang tidak aktif, daerah mana yang sudah aktif cukup lama, dan daerah mana yang mungkin akan menjadi daerah gelembung emisi gas yang aktif tetapi belum terbentuk saat ini.



Gambar 2. 17 Pemetaan gelembung gas di Teluk Mexico
(Weber et al. 2012)

Selain itu, menurut Schneider von Deimling, dkk 2007 dalam penelitiannya yang berjudul “*Flare imaging with multibeam systems: Data processing for bubble detection at seeps*” menyatakan bahwa data *multibeam echosounder* hasil survei di Laut Hitam dan Laut Utara menunjukkan refleksi dari gelembung gas yang membentuk suar (*flare*) di daerah kolom air. Teknik pendeteksian gelembung gas menggunakan *multibeam echosounder* ini mampu menentukan posisi sumber gelembung gas tersebut dan memberikan informasi mengenai dimensi dari gelembung gas yang ada di kolom air tersebut.



Gambar 2. 18 Visualisasi gelembung gas menggunakan *multibeam echosounder* (Schneider von Deimling et al. 2007)

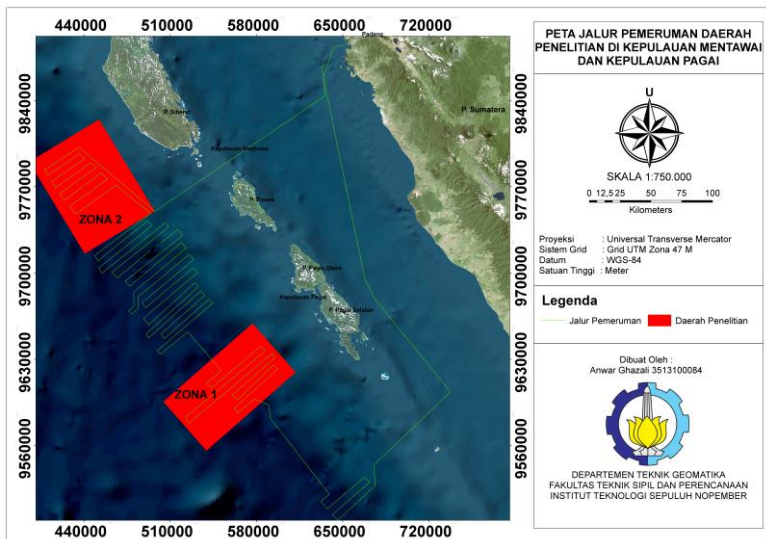
Dalam penelitian yang dilakukan oleh Jin dkk, 2011 yang berjudul “*Distribution and expression of gas seeps in a gas hydrate province of the northeastern Sakhalin continental slope, Sea of Okhotsk*” juga ditemukan gelembung gas yang berada di kolom air yang ada pada *North Eastern Sakhalin Continental Slope* (NESS). Pada penelitian Jin, dkk ditemukan 161 sumber gelembung gas pada area seluas 2000 km². Mereka mengatakan bahwa distribusi spasial dari sumber gelembung gas yang ada pada daerah penelitian mereka dipengaruhi oleh 4 tipe struktur geologi yaitu *faults*, *the shelf break*, *seafloor canyons*, dan *submarine slides*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terdapat di perairan Kepulauan Pagai dan Kepulauan Mentawai, Indonesia yang berada pada rentang koordinat $1^{\circ} 00' 18''$ LS – $4^{\circ} 36' 45,13''$ LS dan $98^{\circ} 09' 18''$ BT – $103^{\circ} 06' 16,70''$ BT.



Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Adapun data yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- Raw data batimetri yang diambil menggunakan *multibeam echosounder* di area penelitian pada tahun 2015.

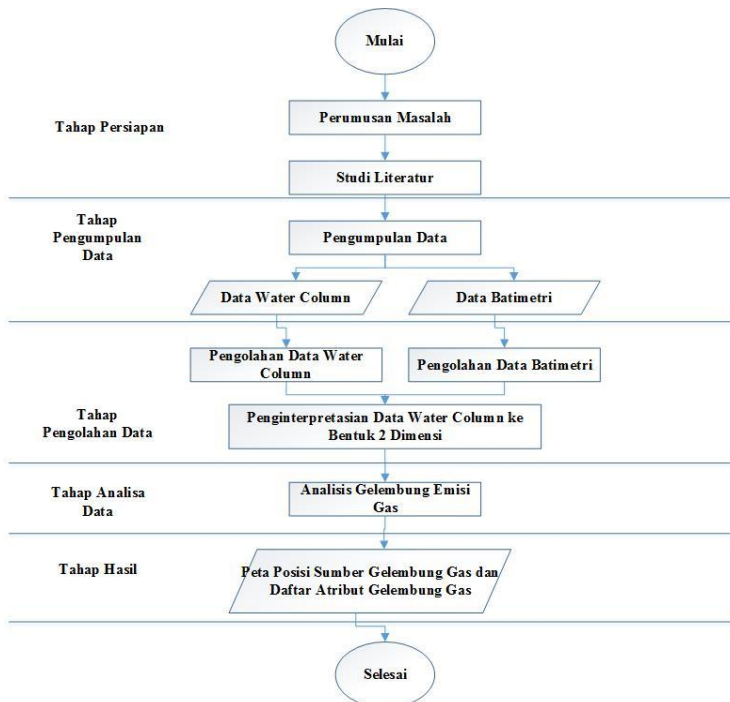
- b. Raw data kolom air yang diambil menggunakan *multibeam echosounder* di area penelitian pada tahun 2015.

3.2.2 Peralatan

- a. Perangkat Keras
 1. Laptop
- b. Perangkat Lunak
 1. Ubuntu 14.04
 2. *Swathed* milik John E Hughes Clarke dari University of New Hampshire, US.
 3. ArcGIS 10.3

3.3 Metodologi Penelitian

3.3.1 Tahap Pelaksanaan



Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahap Pelaksanaan

Penjelasan diagram alir proses penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

a. Tahap Persiapan

Pada tahap ini dilakukan perumusan masalah dan studi literatur. Dalam perumusan masalah peneliti mencari permasalahan yang ada, membentuk lingkup permasalahan, serta pembatasan dimensi dan variabel yang akan dibahas dalam penelitian sehingga didapatkan fokus pengamatan dalam penelitian. Studi literatur dilakukan untuk mempelajari tentang penelitian yang sudah ada atau penelitian yang serupa tetapi memiliki sedikit perbedaan, pencarian materi terkait dengan penelitian yang dilaksanakan, serta pencarian informasi tentang bahan dan data yang diperlukan.

b. Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan akan data-data yang diperlukan untuk melaksanakan penelitian. Pada penelitian ini data yang diperlukan adalah data kolom air dan data batimetri dari daerah yang diamati. Data-data tersebut didapatkan dengan cara mengunduh data tersebut melalui www.ngdc.noaa.gov. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kolom air dan data batimetri yang diakuisisi menggunakan *multibeam echosounder* tipe Kongsberg EM710 dan EM302 yang terpasang pada kapal survei R/V Falkor. Kapal tersebut dioperasikan oleh UNOLS (*University National Oceanographic Laboratory System*) dan *Schmidt Ocean Institute* pada tanggal 23 Mei 2015 sampai dengan 22 Juni 2015 untuk mengakuisisi data pada area penelitian.

c. Tahap Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data-data yang sudah didapatkan sebelumnya. Pengolahan data

yang di lakukan dalam penelitian ini adalah pengolahan data kolom air dan pengolahan data batimetri. Data tersebut perlu diekstrak agar bisa diolah dan dianalisis menggunakan program *Swathed*. Perangkat lunak yang digunakan dalam pengolahan data pada penelitian ini adalah Ubuntu 14.04 dan program *Swathed* yang dibuat oleh John E Hughes Clarke dari University of New Hampshire, US.

d. Tahap Analisis Data

Pada tahap ini dilakukan analisis mengenai data kolom air yang sebelumnya telah diolah untuk mendapatkan atribut dari gelembung emisi gas tersebut. Atribut yang ingin diketahui antara lain posisi sumber gelembung, kedalaman, dan tinggi gelembung dari sumbernya.

e. Tahap Hasil

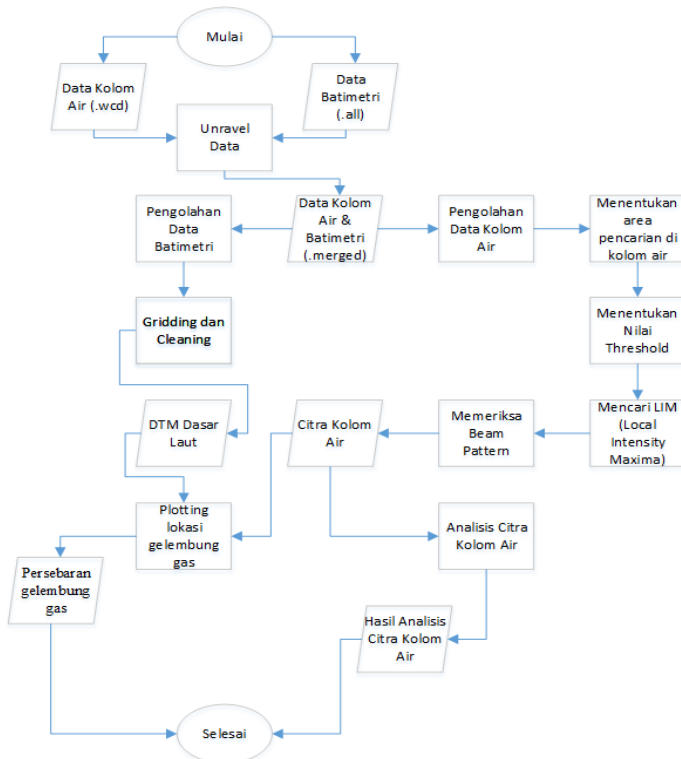
Pada tahap ini dihasilkan peta posisi sumber gelembung emisi gas dan daftar dari atribut setiap gelembung emisi gas tersebut. Selain itu dihasilkan pula laporan mengenai langkah pengolahan data kolom air.

3.3.2 Tahap Pengolahan Data

Penjelasan diagram alir proses pengolahan data Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

a. Unravel data

Proses *unravel* adalah proses pengolahan data mentah dari *multibeam echosounder* agar selanjutnya dapat diolah menggunakan perangkat lunak *Swathed*. Data mentah yang memiliki format (.all) dan (.wcd) akan diolah dan digabung sehingga memiliki format baru, yaitu format (.merged) untuk data batimetri dan format (.wc) untuk data kolom air. Selanjutnya data tersebut dapat diolah menggunakan *Swathed*.



Gambar 3. 3 Diagram Alir Pengolahan Data

Pada tahap ini obyek yang ada di kolom air akan diidentifikasi untuk menemukan gelembung emisi gas dasar laut.

c. Menentukan Area Pencarian di Kolom Air

Penentuan area pada kolom air ini berdasarkan *beam*, *sample*, *swath*, dan sektor. Hal ini dilakukan untuk mempersempit area pencarian sehingga mengurangi waktu pengolahan data. Jika area tidak ditentukan, maka seluruh data akan dijadikan sebagai area pencarian.

d. Menentukan Nilai *Threshold*

Nilai yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai intensitas pantulan gelombang akustik. Penentuan nilai *threshold* ini dilakukan untuk menyeleksi obyek yang ada di kolom air. Obyek yang terdeteksi setelah penentuan nilai *threshold* adalah obyek yang memiliki nilai intensitas pantulan gelombang akustik yang lebih tinggi dari *threshold*, sehingga obyek yang memiliki nilai intensitas dibawah nilai *threshold* tidak akan terdeteksi.

e. Mencari LIM (*Local Intensity Maxima*)

LIM adalah intensitas gelombang akustik yang memiliki nilai paling tinggi dalam sebuah daerah pencarian di dalam data kolom air. Pencarian LIM ini bertujuan untuk memastikan obyek yang ada pada citra kolom air bukan merupakan *noise*.

f. Memeriksa *Beam pattern*

Beam pattern adalah pola gelombang akustik yang diterima oleh *receiver* pada *multibeam echosounder*. Pada tahap ini diperlukan pemeriksaan *beam pattern* yang terdapat pada obyek dengan membandingkannya dengan replika *beam pattern* yang dianggap ideal pada program *Swathed*. Tujuan dari memeriksa *beam pattern* ini sama dengan mencari LIM, yaitu untuk memastikan obyek yang ada pada citra kolom air bukan merupakan *noise*.

g. Analisis Citra Kolom Air

Analisis posisi, titik kedalaman sumber gelembung, dan tinggi dari gelembung yang keluar dari dasar laut dapat diamati menggunakan citra kolom air yang sudah diolah sebelumnya.

h. Pengolahan Data Batimetri

Pada tahap ini data batimetri yang sudah digabung dengan data kolom air dengan format (.merged) dapat diolah menggunakan *Swathed*.

i. Gridding dan Cleaning

Pada tahap ini dilakukan pembersihan data *multibeam echosounder* dari *spike* yang bukan merupakan permukaan dasar laut. Proses ini dilakukan pada setiap *line* dan *swath* yang ada pada data *multibeam echosounder*. Setelah dibersihkan dari *spike* selanjutnya dilakukan *gridding* untuk membuat DTM dari permukaan dasar laut.

j. Plotting Lokasi Gelembung Gas

Pada tahap ini data citra kolom air dan batimetri sudah selesai diolah. Selanjutnya dilakukan *plotting* untuk meletakkan titik lokasi gelembung emisi gas dasar laut kedalam peta untuk memberikan informasi spasial dari gelembung gas tersebut.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data dan Hasil Penelitian

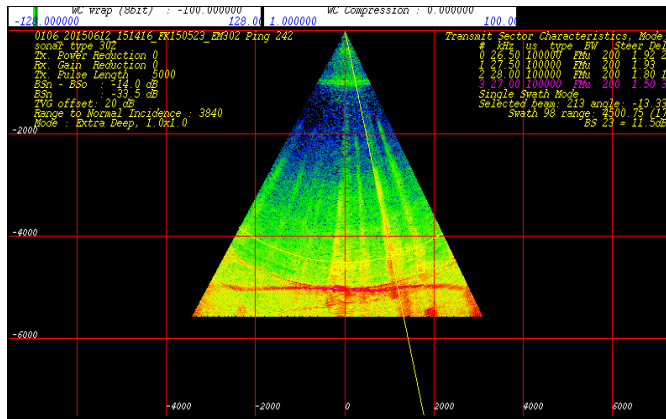
4.1.1 Data Kolom Air

Data kolom air pada penelitian ini diakuisisi pada tanggal 23 Mei 2015 sampai tanggal 22 Juni 2015 dan merupakan data sekunder dengan nama data Mentawai Gap yang didapatkan melalui website NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). Instrumen yang digunakan untuk mengakuisisi data batimetri ini adalah *multibeam echosounder* tipe Kongsberg EM710 dan EM302. Transduser *multibeam echosounder* ini dipasang pada kapal survei R/V Falkor dan dioperasikan oleh UNOLS (*University National Oceanographic Laboratory System*) dan *Schmidt Ocean Institute*. Total panjang jalur pemeruman adalah 4.826,5139 km dan terletak pada rentang koordinat 3° 08' 23,75" LU – 4° 36' 45,13" LS dan 91° 39' 36,9" BB – 103° 06' 16,70" BB (*Rolling Deck to Repository (R2R) Program* 2015).

Data kolom air ini memiliki ekstensi file (.wcd) dan diolah menggunakan perangkat lunak *Swathed* yang berbasis pada sistem operasi Ubuntu. Data kolom air ini selanjutnya akan dikombinasikan dengan data batimetri sehingga data kolom air ini dapat digunakan untuk mengamati obyek-obyek yang ada di kolom air, seperti gelembung, ikan, plankton, dan obyek lainnya. Data kolom air yang telah dikombinasikan dengan data batimetri ini nantinya akan memiliki ekstensi file berupa (.wc). Proses pengombinasian data kolom air dan batimetri serta merubah format (.wcd) ke dalam (.wc) ini disebut *unravel*.

Data kolom air yang sudah melalui proses visualisasi ini akan diolah lebih lanjut untuk

menganalisis obyek yang terdapat pada kolom air dengan cara menentukan *threshold* atau ambang batas nilai intensitas gelombang akustik.



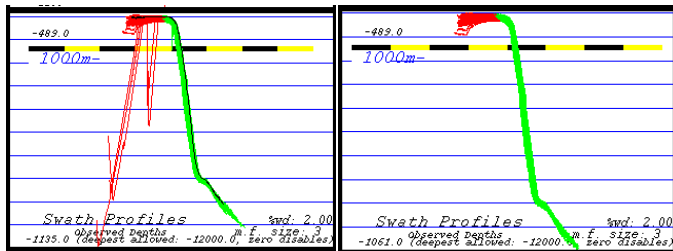
Gambar 4. 1 Visualisasi Data Kolom Air

4.1.2 Data Batimetri

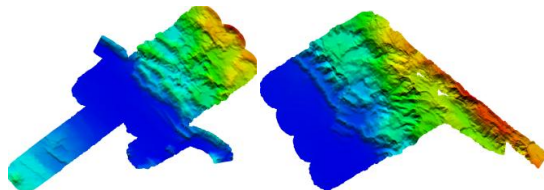
Data batimetri pada penelitian ini diakuisisi pada tanggal 23 Mei 2015 sampai tanggal 22 Juni 2015 dan merupakan data sekunder dengan nama data Mentawai Gap yang didapatkan melalui website NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). Instrumen yang digunakan untuk mengakuisisi data batimetri ini adalah *multibeam echosounder* tipe Kongsberg EM710 dan EM302. Transduser *multibeam echosounder* ini dipasang pada kapal survei R/V Falkor dan dioperasikan oleh UNOLS (*University National Oceanographic Laboratory System*) dan *Schmidt Ocean Institute*. Total panjang jalur pemeruman adalah 4.826,5139 km dan terletak pada rentang koordinat 3° 08' 23,75" LU – 4° 36' 45,13' LS dan 91° 39' 36,9" BB – 103° 06' 16,70" BB (UNOLS R2R 2015).

Data batimetri ini memiliki ekstensi file (.all) dan diolah menggunakan perangkat lunak *Swathed* yang berbasis pada sistem operasi Ubuntu. Selanjutnya data batimetri (.all) akan digabungkan dalam satu *folder* dengan data kolom air (.wcd), setelah dimasukkan kedalam satu *folder* maka proses *unraveling* dapat dilakukan. Data batimetri yang telah melalui proses *unravel* akan memiliki ekstensi file (.merged).

Setelah data batimetri berformat (.merged), proses selanjutnya adalah melakukan pembersihan data dari gangguan yang ada pada data tersebut, gangguan ini biasa disebut *spike* dan *noise*. *Spike* dan *noise* ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor antara lain aktifitas biota laut, gelembung air, dan obyek lain yang memantulkan gelombang akustik sebelum gelombang akustik tersebut menyentuh permukaan dasar laut.



Gambar 4. 2 Data yang belum (atas) dan sudah (bawah) dibersihkan dari *noise* dan *spike* (tampilan dalam *swath* view)

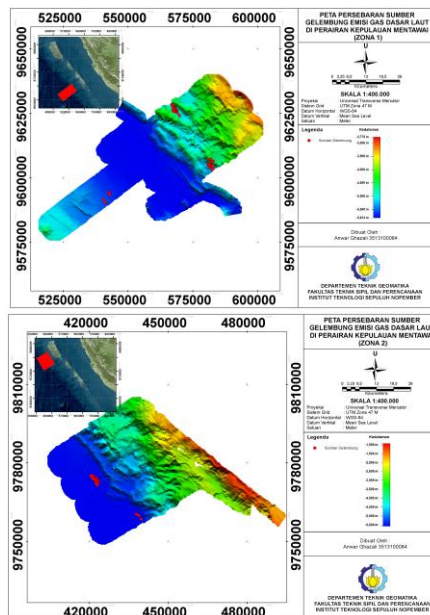


Gambar 4. 3 DTM yang telah bersih dan di ekspor dalam format GeoTIFF

Data batimetri yang sudah melalui proses pembersihan ini selanjutnya dapat digunakan untuk membuat DTM (*Digital Terrain Model*) pada area penelitian dengan format (.ppm). DTM dalam format (.ppm) tersebut nantinya dapat di ekspor dalam bentuk GeoTIFF.

4.1.3 Koordinat Titik Sumber Gelembung Emisi Gas Dasar Laut

Setelah melakukan ekstraksi, visualisasi, dan interpretasi data kolom air, hasil yang didapatkan berupa informasi mengenai posisi gelembung emisi gas dasar laut. Berikut adalah informasi posisi yang sudah didapatkan dari pengolahan data kolom air yang berupa data tabular dan gambar peta persebaran sumber gelembung emisi gas dasar laut.



Gambar 4. 4 Peta Persebaran Sumber Gelembung Emisi Gas Dasar Laut

Tabel 4.1 Tabel Informasi Sumber Gelembung Emisi Gas
Dasar Laut

NO	NAMA OBJEK	LATITUDE	LONGITUDE	KEDALAMAN (m)	TINGGI GELEMBUNG GAS (m)
1	GAS 1	-3.573401	99.727801	5145,032715	1357,289
2	GAS 2	-3.578748	99.733726	5133,371094	1175,78
3	GAS 3	-3.576556	99.73289	5128,018066	1453,507
4	GAS 4	-3.588924	99.742203	5222,939941	1756,02
5	GAS 5	-3.571179	99.729844	5037,411621	891,099
6	GAS 6	-3.579114	99.735552	5180,023438	1297,92
7	GAS 7	-3.571237	99.731859	5063,651367	1011,7
8	GAS 8	-3.585181	99.744893	5131,461426	1098,382
9	GAS 9	-3.575061	99.744632	4872,333496	1688,493
10	GAS 10	-3.555993	99.733405	4643,224121	1383,897
11	GAS 11	-3.561191	99.742706	4700,294922	799,319
12	GAS 12	-3.552895	99.736278	4586,682617	704,579
13	GAS 13	-3.560142	99.745454	4755,046387	816,327
14	GAS 14	-3.668975	99.382789	5666,949219	1575,57
15	GAS 15	-3.671614	99.383492	5644,610352	2190,056
16	GAS 16	-3.677423	99.385676	5688,387207	811,59
17	GAS 17	-3.706118	99.372749	5558,015137	3177,832
18	GAS 18	-3.705277	99.371618	5560,632324	2988,739
19	GAS 19	-3.692892	99.36317	5580,896973	1262,321
20	GAS 20	-3.384445	99.618541	5031,668457	690,555
21	GAS 21	-3.37308	99.611058	5021,879883	793,808
22	GAS 22	-3.380675	99.615716	5025,009277	345,354
23	GAS 23	-3.399794	99.62791	5009,603027	988,508
24	GAS 24	-3.386114	99.61896	5041,189453	1132,99
25	GAS 25	-3.370183	99.608539	5026,26123	722,926
26	GAS 26	-3.377757	99.613175	5006,157715	759,269
27	GAS 27	-3.383509	99.61693	5004,074219	926,531
28	GAS 28	-3.388673	99.620301	4966,163086	832,171
29	GAS 29	-3.361002	99.602238	4945,527344	1488,912
30	GAS 30	-3.38305	99.616293	5003,587891	3202,78
31	GAS 31	-3.373	99.609855	4966,585449	1133,65
32	GAS 32	-3.381432	99.614928	4985,880859	738,992
33	GAS 33	-3.386932	99.618481	5004,78125	814,342
34	GAS 34	-3.37164	99.608603	4986,71875	1040,886
35	GAS 35	-3.390401	99.620172	4967,196777	682,676
36	GAS 36	-3.384486	99.61628	4967,781738	513,918
37	GAS 37	-3.36844	99.605724	4967,637695	965,358
38	GAS 38	-3.372331	99.608015	4947,900879	343,508
39	GAS 39	-3.367855	99.604661	4946,875488	1810,132
40	GAS 40	-3.374672	99.608816	4965,788574	2242,997
41	GAS 41	-3.385147	99.615747	4985,871582	1755,048
42	GAS 42	-3.382765	99.61318	4942,086426	2339,509
43	GAS 43	-3.369722	99.604537	4943,772949	991,546
44	GAS 44	-3.381642	99.612104	4998,706055	2031,359
45	GAS 45	-3.379508	99.610399	4983,93457	1797,725
46	GAS 46	-3.379804	99.61027	4980,222656	1009,758
47	GAS 47	-3.384728	99.609011	4962,690918	1539,38
48	GAS 48	-3.382975	99.60649	5015,65918	1118,149
49	GAS 49	-3.386276	99.607799	4980,699219	864,326

NO	NAMA OBJEK	LATITUDE	LONGITUDE	KEDALAMAN (m)	TINGGI GELEMBUNG GAS (m)
1	GAS 50	-2,183672	98,457667	5560,164	1560,853
2	GAS 51	-2,171662	98,449656	5564,566	1564,252
3	GAS 52	-2,167403	98,441189	5540,362	1540,229
4	GAS 53	-2,167403	98,441189	5540,362	1540,695
5	GAS 54	-2,053688	98,314065	5558,549	1632,919
6	GAS 55	-2,054044	98,311828	5553,590	884,755
7	GAS 56	-2,043108	98,30432	5570,350	666,820
8	GAS 57	-2,053073	98,310875	5571,724	883,332
9	GAS 58	-2,041788	98,302955	5598,132	909,739
10	GAS 59	-2,052099	98,309793	5517,092	3273,449
11	GAS 60	-2,052003	98,309252	5554,559	1472,466
12	GAS 61	-2,044746	98,300421	5554,000	1432,789
13	GAS 62	-2,043219	98,298945	5573,476	1002,432
14	GAS 63	-2,053987	98,305797	5572,289	1881,355
15	GAS 64	-2,042298	98,29801	5553,770	1491,234
16	GAS 65	-2,039035	98,295235	5567,905	1524,927
17	GAS 66	-2,050737	98,303283	5578,933	1359,932
18	GAS 67	-2,057392	98,30786	5573,946	1589,642
19	GAS 68	-2,04653	98,299946	5586,979	2072,067
20	GAS 69	-2,034413	98,291429	5554,806	2294,149
21	GAS 70	-2,040735	98,295428	5551,798	1763,074
22	GAS 71	-2,046661	98,299613	5555,634	1806,026
23	GAS 72	-2,047293	98,297987	5592,327	2761,945
24	GAS 73	-2,041332	98,293932	5568,673	2112,434
25	GAS 74	-2,061001	98,307309	5551,054	2094,816
26	GAS 75	-2,066125	98,307998	5554,223	3662,624
27	GAS 76	-2,058681	98,302869	5593,559	846,494
28	GAS 77	-2,046301	98,294339	5569,262	1604,516
29	GAS 78	-2,033881	98,285781	5594,570	2001,426
30	GAS 79	-2,042654	98,290964	5594,642	3468,348
31	GAS 80	-2,062058	98,30436	5555,783	3507,721
32	GAS 81	-1,886404	98,49833	2895,873	1784,445
33	GAS 82	-1,886479	98,498376	2860,952	1818,615

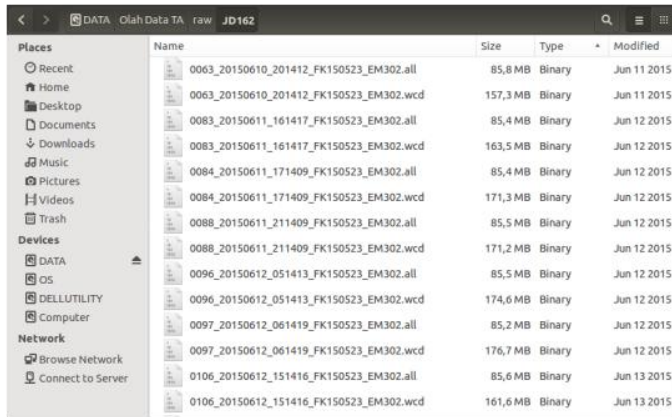
4.2 Pembahasan

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk melakukan ekstraksi, visualisasi, dan interpretasi data kolom air untuk menemukan gelembung gas yang berasal dari dasar laut. Untuk melakukan ekstraksi, visualisasi, dan interpretasi data kolom air, dalam penelitian ini digunakan perangkat lunak bernama *Swathed* yang berbasis pada sistem operasi Ubuntu. Pada sub-bab ini selanjutnya akan dibahas lebih lanjut

mengenai langkah dan metode dalam melakukan ekstraksi, visualisasi, dan interpretasi data kolom air.

4.2.1 Ekstraksi Data Kolom Air

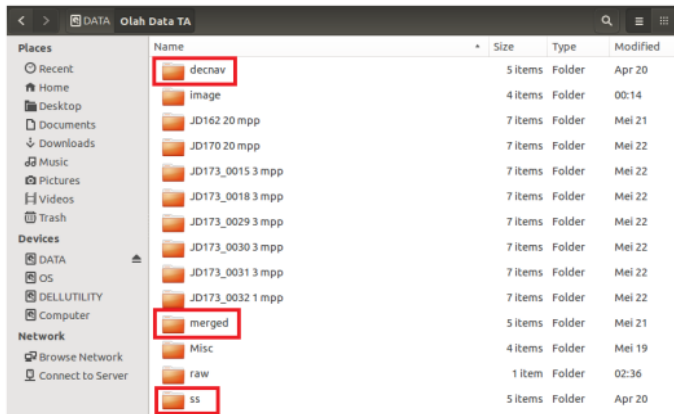
Data batimetri (.all) dan data kolom air (.wcd) merupakan data mentah dan belum diolah yang didapatkan menggunakan instrumen *multibeam echosounder* tipe Kongsberg EM710 dan EM302. Data batimetri dan data kolom air ini perlu di proses terlebih dahulu sehingga nantinya dapat ditampilkan dalam *Swathed*. Data batimetri dan data kolom air yang diunduh melalui website NOAA terkompres dalam format (.tar.gz). Pada tahap ini yang perlu dilakukan adalah mengekstrak data tersebut dan menggabungkannya kedalam satu *folder*.



Gambar 4. 5 Data batimetri (.all) dan data kolom air (.wcd) yang sudah diekstrak dan digabungkan dalam satu *folder*.

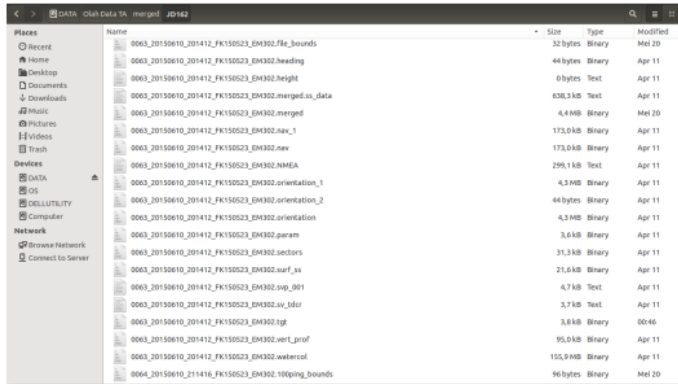
Beri nama *folder* tempat menyimpan data batimetri dan data kolom air tersebut dengan nama “raw”. Kemudian langkah selanjutnya adalah melakukan

unravel pada data batimetri dan data kolom air. *Unravel* ini adalah sebuah *script* yang digunakan untuk mengekstrak data batimetri dan data kolom air tersebut. *Script* ini akan membuat tiga *folder* tambahan tempat dimana hasil ekstraksi data batimetri dan data kolom air itu disimpan, ketiga *folder* tersebut adalah merged, ss, dan decnav.



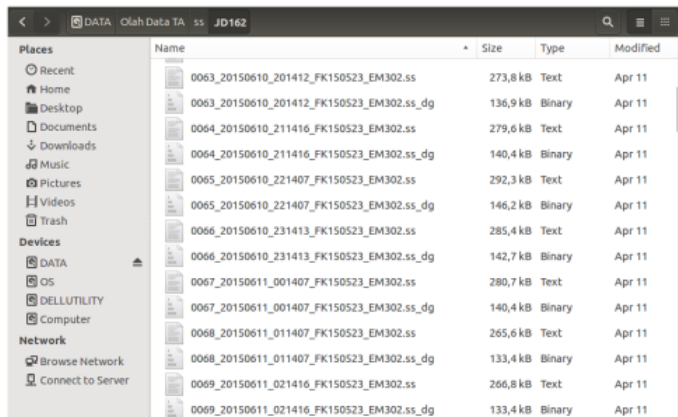
Gambar 4. 6 *Folder merged, ss, dan decnav* hasil dari proses *unravel*

Folder merged berisi data batimetri dan data kolom air berformat (.merged) dan (.wc) serta data-data lain hasil ekstraksi data batimetri (.all) dan kolom air (.wcd) sebelumnya.



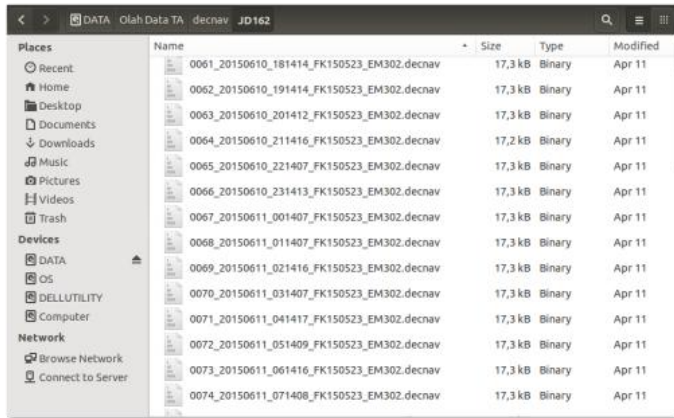
Gambar 4. 7 Isi dari *folder* merged hasil ekstraksi data batimetri dan kolom air

Sedangkan *folder ss* berisi data *backscatter* yang bisa digunakan untuk mengolah citra *backscatter*.



Gambar 4. 8 Isi dari *folder* ss hasil ekstraksi data batimetri dan kolom air

Sedangkan *folder* decnav berisi data navigasi posisi kapal pada saat melakukan survei.



Gambar 4. 9 Isi dari *folder* ss hasil ekstraksi data batimetri dan kolom air

Setelah proses *unravel* ini selesai, maka data batimetri (.merged) dan data kolom air (.wcd) dapat dilihat menggunakan program *Swathed*.

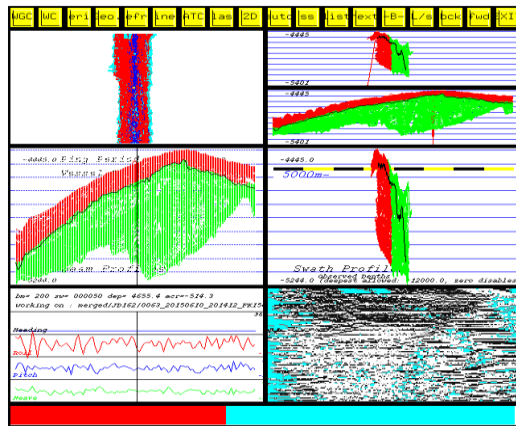
4.2.2 Visualisasi Data Kolom Air

Data batimetri (.merged) dan data kolom air (.wc) dapat dilihat dengan cara mengetik perintah pada terminal yang terdapat di Ubuntu setelah melakukan *unravel*.

```
0063_20150610_201412_FK150523_EM302.merged
0063_20150610_201412_FK150523_EM302.merged.ss_data
0063_20150610_201412_FK150523_EM302.nav
0063_20150610_201412_FK150523_EM302.nav_1
0063_20150610_201412_FK150523_EM302.NMEA
0063_20150610_201412_FK150523_EM302.orientation
0063_20150610_201412_FK150523_EM302.orientation_1
0063_20150610_201412_FK150523_EM302.orientation_2
0063_20150610_201412_FK150523_EM302.param
0063_20150610_201412_FK150523_EM302.sectors
0063_20150610_201412_FK150523_EM302.surf_ss
0063_20150610_201412_FK150523_EM302.swp_001
0063_20150610_201412_FK150523_EM302.sv_tdc
0063_20150610_201412_FK150523_EM302.tgt
0063_20150610_201412_FK150523_EM302.vert_prof
0063_20150610_201412_FK150523_EM302.watercol
anwar-Vostro-3350 anwar s11 % swathed merged/JD162/0063_20150610_201412_FK150523
EM302.merged
```

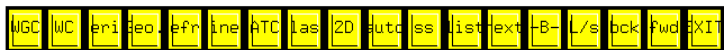
Gambar 4. 10 Perintah untuk membuka data batimetri dan data kolom air pada terminal Ubuntu

Program tersebut dapat dijalankan dengan cara mengetik “*Swathed*” pada terminal, diikuti dengan lokasi tempat data batimetri dan data kolom air disimpan “merged/JD162/0063...merged”. Setelah memasukkan perintah berikut maka akan muncul jendela kerja *Swathed*.

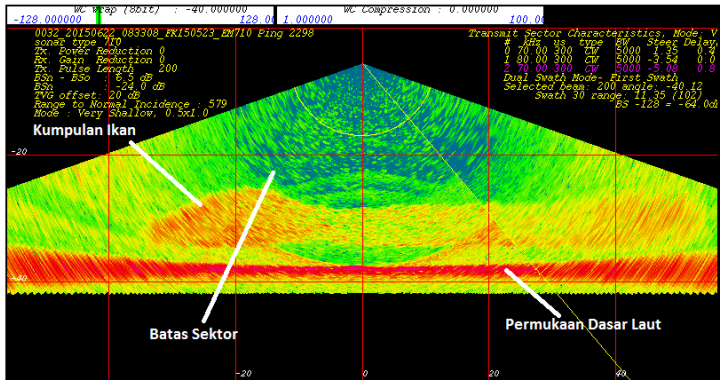


Gambar 4. 11 Jendela kerja *Swathed* yang berfungsi untuk melakukan pembersihan data dari *spike* dan *noise*

Untuk memunculkan visualisasi dari data kolom air, klik tombol “WC” yang terletak dibarisan toolbar pada jendela kerja *Swathed*.



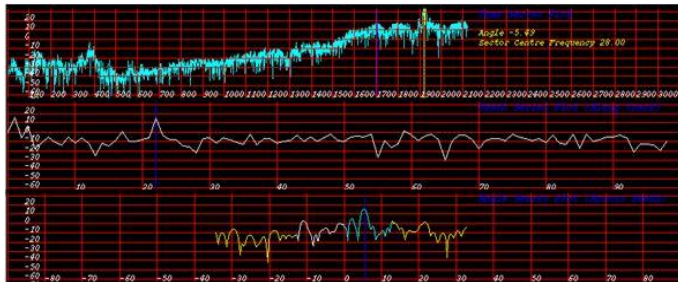
Gambar 4. 12 Toolbar *Swathed*



Gambar 4. 13 *Water Column Analysis Toolkit*

Water Column Analysis Toolkit merupakan sebuah program yang berada di dalam program *Swathed* yang berfungsi untuk menganalisis data kolom air. *Water Column Analysis Toolkit* dapat digunakan untuk mengamati obyek apa yang terdapat di kolom air suatu perairan. *Water Column Analysis Toolkit* juga menampilkan intensitas pantulan gelombang akustik sehingga dapat digunakan untuk membandingkan intensitas pantulan gelombang akustik dari setiap obyek yang ada di kolom air.

Dari Gambar 4.13 dapat dilihat bahwa terdapat beberapa obyek di kolom air. Perbedaan warna yang ada pada gambar kolom air menandakan perbedaan nilai intensitas pantulan gelombang akustik. Gambar 4.13 merupakan tampilan dari *swath* yang ditampilkan berdasarkan nilai kedalaman pada sumbu Y dan lebar koridor pemeruman pada sumbu X, satuan kedua sumbu tersebut adalah meter.



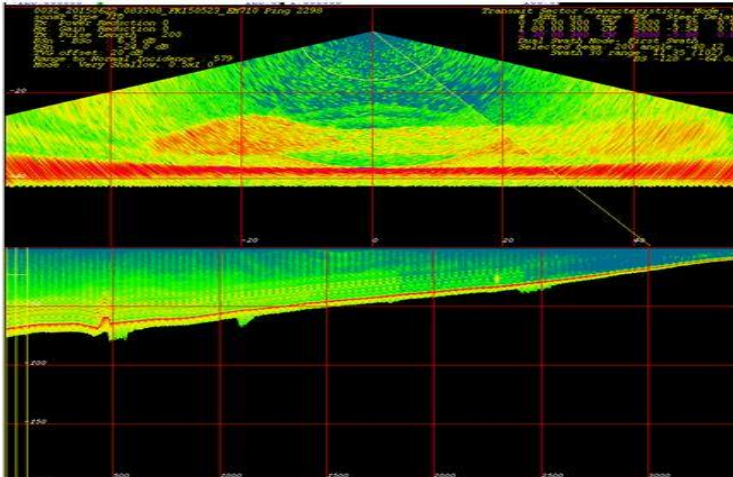
Gambar 4. 14 *Time Series Plot* (atas), *Swath Series Plot* (tengah), dan *Angle Series Plot Across Swath* (bawah)

Time Series Plot adalah plot intensitas pantulan gelombang akustik terhadap *sample*, dari atas perairan hingga dasar perairan. *Swath Series Plot* adalah plot intensitas pantulan gelombang akustik terhadap *swath*. Sedangkan *Angle Series Plot* adalah plot intensitas pantulan gelombang terhadap sudut dari *beam* yang dipancarkan transduser *multibeam echosounder*.



Gambar 4. 15 Arah plot *Time Series Plot* (kiri), *Angle Series Plot Across Swath* (tengah), dan *Swath Series Plot* (kanan) (Rubrio Videira Marques 2012)

Dalam *Water Column Analysis Toolkit* terdapat dua tampilan visualisasi data kolom air, pertama adalah *Across Track View* dan yang kedua adalah *Along Track View*. *Across Track View* adalah tampilan kolom air secara tegak lurus terhadap jalur pemeruman, sedangkan *Along Track View* adalah tampilan kolom air secara sejajar mengikuti jalur pemeruman.



Gambar 4. 16 Tampilan *Across Track View* (atas) dan *Along Track View* (bawah)

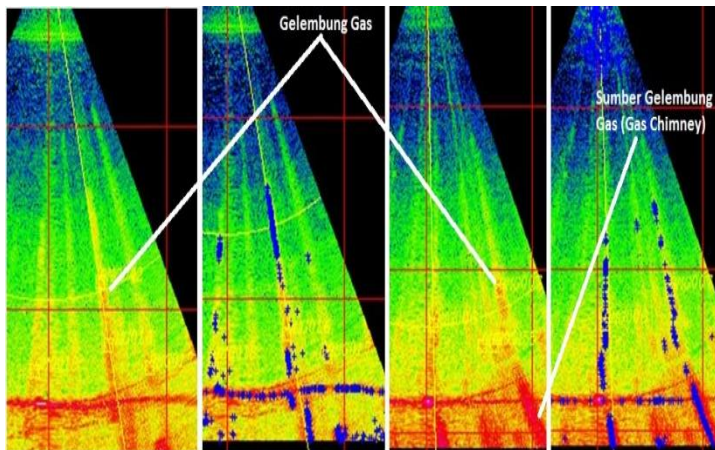
4.2.3 Interpretasi dan Analisis Data Kolom Air

Setelah melakukan visualisasi pada data kolom air, langkah selanjutnya adalah melakukan interpretasi dan analisis terhadap gambar kolom air. Beberapa obyek terlihat di bagian kolom air ini, salah satu obyek tersebut adalah gelembung gas. Beberapa gelembung gas terlihat didalam data ini. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, gelembung gas merupakan salah satu obyek yang mampu memantulkan gelombang akustik yang berasal dari *multibeam echosounder*.

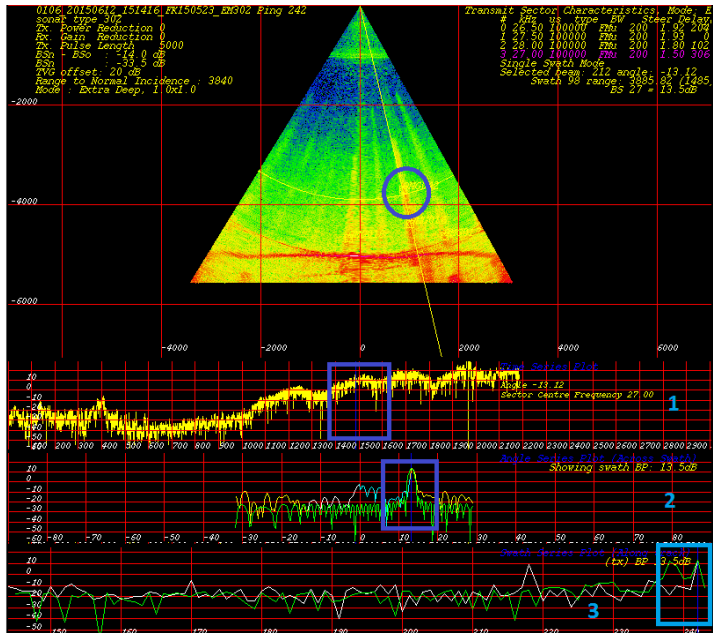
Setiap gelembung gas yang terdeteksi memiliki nilai intensitas pantulan gelombang akustik diatas nilai *threshold* yang ditentukan. Nilai *threshold* yang ditentukan sebesar 0 dB. Pada Gambar 4.17 terlihat gelembung gas yang terdeteksi ditandai dengan titik-titik berwarna biru. Titik-titik berwarna biru tersebut menandakan obyek tersebut memiliki intensitas pantulan gelombang akustik diatas *threshold* yang telah

ditentukan. Pada Gambar 4.17 juga terlihat sumber gelembung gas (*gas chimney*) yang ada pada dasar perairan. Pada sumber gelembung gas tersebut terlihat memiliki intensitas pantulan gelombang akustik yang tinggi. Hal ini menandakan adanya perpindahan gas secara vertikal dari dalam dasar perairan ke permukaan dasar perairan. Adanya sumber gelembung gas dan gelembung gas di kolom air merupakan indikator adanya sumber gas yang aktif di dasar perairan tersebut (Jin et al. 2011).

Setelah menemukan gelembung gas yang memiliki intensitas pantulan gelombang akustik diatas nilai *threshold*, langkah selanjutnya adalah mencari LIM (*Local Intensity Maxima*) yang terdapat pada gelembung tersebut dan memeriksa *beam pattern* dengan membandingkan *beam pattern* yang dimiliki gelembung tersebut dengan replika *beam pattern* yang dianggap sesuai untuk memastikan gelembung gas tersebut bukan merupakan *noise*.



Gambar 4. 17 Gelembung gas yang terdeteksi pada tampilan *Across Track View*



Gambar 4. 18 Grafik intensitas pantulan gelombang akustik pada gelembung gas yang terdeteksi

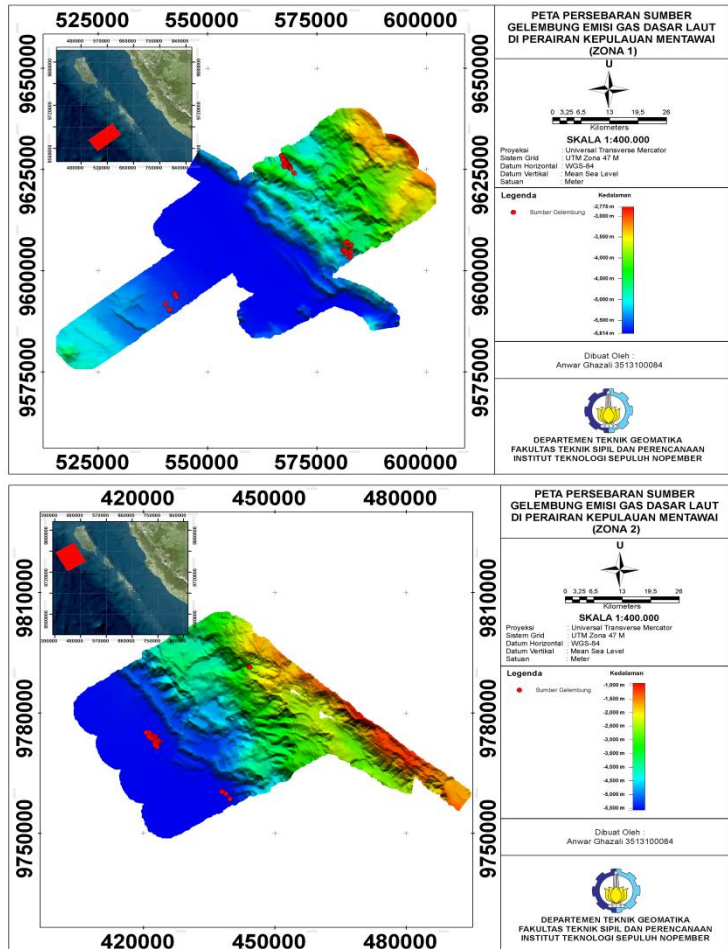
Pada Gambar 4.18 dapat dilihat gelembung gas tersebut menunjukkan adanya LIM dan memiliki *beam pattern* yang diharapkan. Pada grafik pertama, *Time Series Plot*, menunjukkan adalah LIM. Pada grafik kedua, *Angle Series Plot*, memperlihatkan adanya LIM ditandai dengan perubahan yang signifikan pada nilai intensitas pantulan gelombang akustik. Nilai intensitas yang dimiliki gelembung gas tersebut sebesar 13,5dB, sedangkan *noise* yang ada disekitarnya berada pada rentang -30dB sampai dengan -20dB. Hal ini menandakan gelembung gas tersebut memiliki perbedaan intensitas gelombang akustik sebesar 30dB sampai

dengan 40dB dengan *noise* yang ada di sekitarnya, sehingga bisa disimpulkan dari grafik kedua bahwa obyek tersebut bukan *noise*. *Beam pattern* yang terdapat pada grafik kedua juga memperlihatkan adanya kesesuaian dengan replika *beam pattern* yang dianggap sesuai. Replika *beam pattern* (garis hijau) hampir saling berhimpit dengan *beam pattern* yang ada pada kolom kedua, sehingga dapat disimpulkan bahwa LIM yang ditemukan pada grafik kedua bukan merupakan *noise* karena memiliki kesesuaian dengan replika *beam pattern* yang dianggap sesuai.

Pada grafik ketiga, *Swath Series Plot*, juga memperlihatkan adanya LIM. Dapat dilihat nilai intensitas pantulan gelombang akustik yang terdapat pada *swath* dimana gelembung gas ditemukan memiliki perbedaan yang signifikan dengan nilai intensitas pantulan gelombang akustik yang ada pada *swath* sebelumnya. Perbedaan nilai intensitas pantulan gelombang akustik antara *swath* tempat gelembung gas berada dengan *swath* sebelunya sekitar 20dB. Dilihat dari *beam pattern* yang ada pada grafik ketiga, terdapat kesesuaian antara *beam pattern* yang dimiliki obyek dengan replika *beam pattern* yang dianggap sesuai (garis hijau). Hal ini dapat dilihat saling berhimpitnya *beam pattern* yang dimiliki obyek dengan replika *beam pattern* yang dianggap sesuai.

Dari ketiga grafik intensitas pantulan gelombang diatas, dapat disimpulkan bahwa obyek yang terlihat di kolom air tersebut bukanlah sebuah *noise*, melainkan gelembung gas yang muncul dari dasar perairan. Dapat dilihat dari gambar kolom air tersebut, sumber gelembung gas berada pada kedalaman sekitar 4965 meter dari permukaan laut dan memancarkan gelembung gas setinggi 2242 meter dari sumber gelembungnya.

4.2.4 Persebaran Titik Sumber Gelembung Emisi Gas Dasar Laut



Gambar 4. 19 Peta persebaran sumber gelembung emisi gas dasar laut di perairan Kepulauan Mentawai

Terdapat 82 titik sumber gelembung emisi gas dasar laut yang terdeteksi dan terlihat di data kolom air. Titik sumber gelembung emisi gas dasar laut tersebut kemudian dimasukkan kedalam peta sehingga dapat dilihat posisinya. Pada gambar 4.19 dapat dilihat persebaran lokasi sumber gelembung emisi gas dasar laut di perairan Kepulauan Mentawai terpusat di beberapa area. Terdapat 6 area dimana titik sumber gelembung emisi gas dasar laut tersebut berkumpul.

Pada Zona 1 terdapat 49 sumber gelembung emisi gas dasar laut yang terpusat di 3 area. Di Area 1 terdapat 13 sumber gelembung emisi gas dasar laut pada rentang kedalaman 4750-5150 m. Terdapat 6 sumber gelembung di Area 2 pada rentang kedalaman 5550-5670 m. Sementara pada Area 3 terdapat 30 sumber gas pada rentang kedalaman 4940-5040 m.

Pada Zona 2 terdapat 33 sumber gelembung emisi gas dasar laut yang terpusat di 3 area. Di Area 4 terdapat 4 sumber gelembung pada rentang kedalaman 5540-5565 m. Terdapat 27 sumber gelembung pada Area 5 pada rentang kedalaman 5510-5600 m. Sementara pada Area 6 terdapat 2 sumber gelembung gas pada rentang kedalaman 2860-2895 m.

Tabel 4.2 Tabel Persebaran Sumber Gelembung Gas

ZONA	AREA	INTERVAL KEDALAMAN AREA (m)	JUMLAH SUMBER GELEMBUNG GAS
Zona 1	Area 1	4750-5150	13
	Area 2	5550-5670	6
	Area 3	4940-5040	30
Zona 2	Area 4	5540-5565	4
	Area 5	5510-5600	27
	Area 6	2860-2895	2

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian mengenai analisis gelembung emisi gas dasar laut menggunakan data kolom air dari *multibeam echosounder* adalah sebagai berikut :

- a. Ekstraksi data kolom air dapat dilakukan dengan menggunakan program *Swathed*. Hasil ekstraksi dari data mentah *multibeam echosounder* berupa data kolom air (.wc) dan data batimetri (.merged).
- b. Hasil visualisasi dari pengolahan data kolom air ini berupa citra kolom air yang memiliki nilai intensitas pantulan gelombang akustik. Objek yang terdapat di kolom air dapat diamati dengan melihat perbedaan nilai intensitas pantulan gelombang akustik.
- c. Hasil dari interpretasi dan analisis data kolom air ini adalah ditemukannya 82 titik sumber gelembung emisi gas dasar laut. Sumber gelembung gas ini terpusat di 6 area yang ada di wilayah perairan Kepulauan Mentawai, Indonesia. Informasi spasial dari sumber gelembung emisi gas dasar laut dapat dilihat di peta dan tabel pada lampiran.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Ikan yang terdeteksi pada citra kolom air memiliki nilai intensitas gelombang akustik yang hampir sama dengan gelembung gas. Perbedaan antara gelembung gas dan ikan pada kolom air terlihat dari pola pergerakannya di kolom air. Untuk penelitian

selanjutnya disarankan agar pola pergerakan gelembung gas diamati lebih lanjut lagi.

- b. Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan data seismik dan/atau data *sub bottom profiler* untuk melihat volume dan lokasi gas yang ada di bawah permukaan dasar laut.
- c. Pemilihan lokasi penelitian berperan penting dalam menemukan gelembung emisi gas dasar laut. Gelembung gas biasa ditemukan di sekitar *pockmark*, *sand dome*, atau gunung api di dalam laut. Analisis mengenai fitur dasar laut di sekitar titik sumber gelembung gas perlu diamati lebih lanjut untuk mengetahui hubungan antara fitur dasar laut dengan lokasi ditemukannya gelembung gas.

DAFTAR PUSTAKA

- Center for Coastal and Ocean Mapping Joint Hydrographic Center, 2016. Water Column Mapping. Available at: http://ccom.unh.edu/sites/default/files/research_one_pagers/water-column-mapping.pdf [Accessed December 12, 2016].
- Etiopie, G., 2015. *Natural Gas Seepage*, Cham: Springer International Publishing. Available at: https://books.google.co.id/books?id=r110BgAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q=asia&f=false.
- Hirt, C., 2015. Digital Terrain Models. In E. W. Grafarend, ed. *Encyclopedia of Geodesy*. Cham: Springer International Publishing, pp. 1–6. Available at: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-02370-0_31-1.
- Jin, Y.K. et al., 2011. Distribution and expression of gas seeps in a gas hydrate province of the northeastern Sakhalin continental slope, Sea of Okhotsk. *Marine and Petroleum Geology*, 28(10), pp.1844–1855. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2011.03.007>.
- L-3 Communication SeaBeam Instrument, 2000. *Multibeam Sonar Theory of Operation*, East Walpole: L-3 Communications SeaBeam Instruments. Available at: <https://www.ldeo.columbia.edu/res/pi/MB-System/sonarfunction/SeaBeamMultibeamTheoryOperation.pdf>.
- Munson, B.. et al., 2004. Water on the Web. Available at: <http://www.waterontheweb.org/resources/glossary.html#W> [Accessed May 27, 2014].
- National Oceanic and Atmospheric Administration, 2011. NOAA and partners demonstrate success of multibeam sonar to detect and map deep-sea gas seeps. www.noaanews.noaa.gov. Available at:

- http://www.noaanews.noaa.gov/stories2011/20110915_oceanosexplorer.html [Accessed March 16, 2017].
- QPS, 2013. QPS Client Spotlight : University of Houston. Available at: http://www.qps.nl/display/main/2015/06/17/20150617_UniversityHouston [Accessed March 16, 2017].
- Rolling Deck to Repository (R2R) Program, 2015. Water Column Sonar Data Collection (FK150523, EM302). *National Centers for Environmental Information, NOAA*.
- Rubrio Marques, C. & Hughes Clarke, J.E., 2012. Automatic Mid-Water Target Tracking using Multibeam Water Column. *Canadian Hydrographic Conference 2012*, (May), pp.1–15.
- Rubrio Videira Marques, C., 2012. *Automatic Mid-Water Target Tracking using Multibeam Water Column*. Fredericton, New Brunswick, Canada: Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick.
- Schneider von Deimling, J., Brockhoff, J. & Greinert, J., 2007. Flare imaging with multibeam systems: Data processing for bubble detection at seeps. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 8(6), p.n/a-n/a. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1029/2007GC001577>.
- Sheriff, R. & Geldart, L., 1995. *Exploration Seismology* 2nd ed., Cambridge: Cambridge University Press.
- UNOLS R2R, 2015. Multibeam Sonar Bathymetry Data collected aboard Falkor (FK150523). *NOAA National Centers for Environmental Information*. Available at: https://www.ngdc.noaa.gov/ships/falkor/FK150523_mb.html [Accessed January 3, 2015].
- Weber, T.C. et al., 2012. Mapping Gas Seeps with the Deepwater Multibeam Echosounder on Okeanos Explorer. *Oceanography*, 25(1, Supplement), pp.54–55.

LAMPIRAN

Tabel Informasi Sumber Gelembung Emisi Gas Dasar Laut

NO	NAMA OBJEK	LATITUDE	LONGITUDE	KEDALAMAN (m)	TINGGI GELEMBUNG GAS (m)
1	GAS 1	-3.573401	99.727801	5145,032715	1357,289
2	GAS 2	-3.578748	99.733726	5133,371094	1175,78
3	GAS 3	-3.576556	99.73289	5128,018066	1453,507
4	GAS 4	-3.588924	99.742203	5222,939941	1756,02
5	GAS 5	-3.571179	99.729844	5037,411621	891,099
6	GAS 6	-3.579114	99.735552	5180,023438	1297,92
7	GAS 7	-3.571237	99.731859	5063,651367	1011,7
8	GAS 8	-3.585181	99.744893	5131,461426	1098,382
9	GAS 9	-3.575061	99.744632	4872,333496	1688,493
10	GAS 10	-3.555993	99.733405	4643,224121	1383,897
11	GAS 11	-3.561191	99.742706	4700,294922	799,319
12	GAS 12	-3.552895	99.736278	4586,682617	704,579
13	GAS 13	-3.560142	99.745454	4755,046387	816,327
14	GAS 14	-3.668975	99.382789	5666,949219	1575,57
15	GAS 15	-3.671614	99.383492	5644,610352	2190,056
16	GAS 16	-3.677423	99.385676	5688,387207	811,59
17	GAS 17	-3.706118	99.372749	5558,015137	3177,832
18	GAS 18	-3.705277	99.371618	5560,632324	2988,739
19	GAS 19	-3.692892	99.36317	5580,896973	1262,321
20	GAS 20	-3.384445	99.618541	5031,668457	690,555
21	GAS 21	-3.37308	99.611058	5021,879883	793,808
22	GAS 22	-3.380675	99.615716	5025,009277	345,354
23	GAS 23	-3.399794	99.62791	5009,603027	988,508
24	GAS 24	-3.386114	99.61896	5041,189453	1132,99
25	GAS 25	-3.370183	99.608539	5026,26123	722,926
26	GAS 26	-3.377757	99.613175	5006,157715	759,269
27	GAS 27	-3.383509	99.61693	5004,074219	926,531
28	GAS 28	-3.388673	99.620301	4966,163086	832,171
29	GAS 29	-3.361002	99.602238	4945,527344	1488,912
30	GAS 30	-3.38305	99.616293	5003,587891	3202,78
31	GAS 31	-3.373	99.609855	4966,585449	1133,65
32	GAS 32	-3.381432	99.614928	4985,880859	738,992
33	GAS 33	-3.386932	99.618481	5004,78125	814,342
34	GAS 34	-3.37164	99.608603	4986,71875	1040,886
35	GAS 35	-3.390401	99.620172	4967,196777	682,676
36	GAS 36	-3.384486	99.61628	4967,781738	513,918
37	GAS 37	-3.36844	99.605724	4967,637695	965,358
38	GAS 38	-3.372331	99.608015	4947,900879	343,508
39	GAS 39	-3.367855	99.604661	4946,875488	1810,132
40	GAS 40	-3.374672	99.608816	4965,788574	2242,997
41	GAS 41	-3.385147	99.615747	4985,871582	1755,048
42	GAS 42	-3.382765	99.61318	4942,086426	2339,509
43	GAS 43	-3.369722	99.604537	4943,772949	991,546
44	GAS 44	-3.381642	99.612104	4998,706055	2031,359
45	GAS 45	-3.379508	99.610399	4983,93457	1797,725
46	GAS 46	-3.379804	99.61027	4980,222656	1009,758
47	GAS 47	-3.384728	99.609011	4962,690918	1539,38
48	GAS 48	-3.382975	99.60649	5015,65918	1118,149
49	GAS 49	-3.386276	99.607799	4980,699219	864,326

NO	NAMA OBJEK	LATITUDE	LONGITUDE	KEDALAMAN (m)	TINGGI GELEMBUNG GAS (m)
1	GAS 50	-2,183672	98,457667	5560,164	1560,853
2	GAS 51	-2,171662	98,449656	5564,566	1564,252
3	GAS 52	-2,167403	98,441189	5540,362	1540,229
4	GAS 53	-2,167403	98,441189	5540,362	1540,695
5	GAS 54	-2,053688	98,314065	5558,549	1632,919
6	GAS 55	-2,054044	98,311828	5553,590	884,755
7	GAS 56	-2,043108	98,30432	5570,350	666,820
8	GAS 57	-2,053073	98,310875	5571,724	883,332
9	GAS 58	-2,041788	98,302955	5598,132	909,739
10	GAS 59	-2,052099	98,309793	5517,092	3273,449
11	GAS 60	-2,052003	98,309252	5554,559	1472,466
12	GAS 61	-2,044746	98,300421	5554,000	1432,789
13	GAS 62	-2,043219	98,298945	5573,476	1002,432
14	GAS 63	-2,053987	98,305797	5572,289	1881,355
15	GAS 64	-2,042298	98,29801	5553,770	1491,234
16	GAS 65	-2,039035	98,295235	5567,905	1524,927
17	GAS 66	-2,050737	98,303283	5578,933	1359,932
18	GAS 67	-2,057392	98,30786	5573,946	1589,642
19	GAS 68	-2,04653	98,299946	5586,979	2072,067
20	GAS 69	-2,034413	98,291429	5554,806	2294,149
21	GAS 70	-2,040735	98,295428	5551,798	1763,074
22	GAS 71	-2,046661	98,299613	5555,634	1806,026
23	GAS 72	-2,047293	98,297987	5592,327	2761,945
24	GAS 73	-2,041332	98,293932	5568,673	2112,434
25	GAS 74	-2,061001	98,307309	5551,054	2094,816
26	GAS 75	-2,066125	98,307998	5554,223	3662,624
27	GAS 76	-2,058681	98,302869	5593,559	846,494
28	GAS 77	-2,046301	98,294339	5569,262	1604,516
29	GAS 78	-2,033881	98,285781	5594,570	2001,426
30	GAS 79	-2,042654	98,290964	5594,642	3468,348
31	GAS 80	-2,062058	98,30436	5555,783	3507,721
32	GAS 81	-1,886404	98,49833	2895,873	1784,445
33	GAS 82	-1,886479	98,498376	2860,952	1818,615

BIOGRAFI PENULIS



Anwar Ghazali. Penulis dilahirkan di Samarinda pada tanggal 22 September 1995 merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Cinder Mata Bekasi, SMPN 256 Jakarta, dan SMA Labschool Jakarta. Kemudian melanjutkan pendidikan S-1 di Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur SMITS (Seleksi Mandiri ITS) pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP 3513100084. Selama duduk di bangku kuliah, penulis aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Geomatika dengan menjabat sebagai Wakil Ketua Himpunan masa bakti 2015/2016 dan Anggota Badan Perwakilan Mahasiswa HIMAGE-ITS masa bakti 2014/2015. Penulis pernah menjalani Kerja Praktik bidang informasi geospasial di PT Perusahaan Gas Negara Tbk pada tahun 2016. Selama duduk di bangku perkuliahan, penulis juga mencari pengalaman praktik di lapangan pada antara lain dengan ikut melakukan survei hidrografi di Biak, Papua dan Kaimana, Papua bersama tim dosen dari ITS. Bidang keahlian survei hidrografi juga menjadi pilihan penulis sebagai Tugas Akhir untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik.